

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INFORMÁTICA
PROGRAMA DE ACTUALIZACION PROFESIONAL PARA TITULACION –
VERSION XIX**



INFORME DE INVESTIGACIÓN

“PROTOTIPO DE CONTROL DE ILUMINACIÓN EN ZONAS URBANAS.”

Presentado por:

Bach. Farfán Cienfuegos Reyson Karl.

Bach. Feria Regalado Clara Lisbeth.

Bach. Saucedo Alvarado Basilio Javier.

**PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INFORMATICO**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: INFORMÁTICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

SUB LINEA DE INVESTIGACION: AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

PIURA, PERÚ

JULIO 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INFORMÁTICA



INFORME DE INVESTIGACIÓN

“PROTOTIPO DE CONTROL DE ILUMINACIÓN EN ZONAS URBANAS.”

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: INFORMÁTICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES.**

PRESENTADO POR:

Bach. FARFÁN CIENFUEGOS REYSON KARL

Bach. FERIA REGALADO CLARA LISBETH

Bach. SAUCEDO ALVARADO BASILIO JAVIER

ASESORADOS POR:

Dr. RIGO FELIX REQUENA FLORES

PIURA, PERÚ

JULIO 2019

**DECLARACION JURADA
DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Yo, **FARFAN CIENFUEGOS REYSON KARL**, identificado con DNI N° **72718712**, Bachiller de la Escuela Profesional de **Ingeniería Informática** de la Facultad de **Ingeniería Industrial** y domiciliado en Urb. los educadores Mz Q Lote 23 del distrito de Piura, provincia de Piura y departamento de Piura, celular 959560928, E-mail reysonfc@gmail.com

TITULO "PROTOTIPO DE CONTROL DE ILUMINACIÓN EN ZONAS URBANAS."

DECLARO BAJO JURAMENTO: que el informe de investigación que presento es original e inédito, no siendo copia parcial ni total de una tesis desarrollada, y/o realizada en el Perú o en el Extranjero, caso contrario de resultar falsa la información que proporciono, me sujeto a los alcances establecidos en el Art. N° 411, del código penal concordante con el Art 32° de la Ley N° 27444, y la Ley del Procedimiento Administrativo General y las Normas Legales de Protección a los Derechos de Autor.

En fe de lo que digo, firmo la presente.

Piura, 19 de julio, del 2019.



Bach. Reyson Karl Farfán Cienfuegos

DNI N° 72718712



Artículo 411.- En que, en un procedimiento administrativo, hace una falsa declaración en relación a lo hechos o circunstancias que le corresponde probar, violando la presunción de veracidad establecida por ley, será reprimido con pena privativa de libertad no menor de uno ni mayor de cuatro años.

Art. 4. Inciso 4.12 del Reglamento de Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI Resolución de Consejo Directivo N° 033-2016-SUNEDU/CD.

**DECLARACION JURADA
DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Yo, **FERIA REGALADO CLARA LISBETH**, identificado con DNI N° **73221245**, Bachiller de la Escuela Profesional de **Ingeniería Informática** de la Facultad de **Ingeniería Industrial** y domiciliado en ASENT.H Luis Alberto Sánchez Mz G lote 43 del distrito de Veintiséis de octubre, provincia de Piura y departamento de Piura, celular 978682599, E-mail lisbethclara92@gmail.com.

TITULO "PROTOTIPO DE CONTROL DE ILUMINACIÓN EN ZONAS URBANAS."

DECLARO BAJO JURAMENTO: que el informe de investigación que presento es original e inédito, no siendo copia parcial ni total de una tesis desarrollada, y/o realizada en el Perú o en el Extranjero, caso contrario de resultar falsa la información que proporciono, me sujeto a los alcances establecidos en el Art. N° 411, del código penal concordante con el Art 32° de la Ley N° 27444, y la Ley del Procedimiento Administrativo General y las Normas Legales de Protección a los Derechos de Autor.

En fe de lo que digo, firmo la presente.

Piura, 19 de julio, del 2019.



Bach. Clara Lisbeth Feria Regalado.

DNI N° 73221245



Artículo 411.- En que, en un procedimiento administrativo, hace una falsa declaración en relación a lo hechos o circunstancias que le corresponde probar, violando la presunción de veracidad establecida por ley, será reprimido con pena privativa de libertad no menor de uno ni mayor de cuatro años.

Art. 4. Inciso 4.12 del Reglamento de Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI Resolución de Consejo Directivo N° 033-2016-SUNEDU/CD.

**DECLARACION JURADA
DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Yo, **SAUCEDO ALVARADO BASILIO JAVIER**, identificado con DNI N° **45448407**, Bachiller de la Escuela Profesional de **Ingeniería Informática** de la Facultad de **Ingeniería Industrial** y domiciliado en **ASENT.H Andrés Avelino Cáceres MZ H lote 26** del distrito de **Veintiséis de octubre**, provincia de **Piura** y departamento de **Piura**, celular **942149469**, E-mail **bacho2811@gmail.com**.

TITULO "PROTOTIPO DE CONTROL DE ILUMINACIÓN EN ZONAS URBANAS."

DECLARO BAJO JURAMENTO: que el informe de investigación que presento es original e inédito, no siendo copia parcial ni total de una tesis desarrollada, y/o realizada en el Perú o en el Extranjero, caso contrario de resultar falsa la información que proporciono, me sujeto a los alcances establecidos en el Art. N° 411, del código penal concordante con el Art 32° de la Ley N° 27444, y la Ley del Procedimiento Administrativo General y las Normas Legales de Protección a los Derechos de Autor.

En fe de lo que digo, firmo la presente.

Piura, 19 de julio, del 2019.



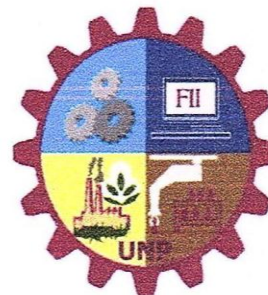
Bach. Basilio Javier Saucedo Alvarado.
DNI N° 45448407



Artículo 411.- En que, en un procedimiento administrativo, hace una falsa declaración en relación a lo hechos o circunstancias que le corresponde probar, violando la presunción de veracidad establecida por ley, será reprimido con pena privativa de libertad no menor de uno ni mayor de cuatro años.

Art. 4. Inciso 4.12 del Reglamento de Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI Resolución de Consejo Directivo N° 033-2016-SUNEDU/CD.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INFORMÁTICA



INFORME DE INVESTIGACIÓN

“PROTOTIPO DE CONTROL DE ILUMINACIÓN EN ZONAS URBANAS.”

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: INFORMÁTICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES.**

APROBADO POR LOS JURADOS:

Mg. DUBERT REYES VÁSQUEZ

Mg. JUAN MANUEL JACINTO SANDOVAL

Mg. HEBERT EDUARDO ESPINO AGUIRRE

PIURA, PERÚ

JULIO 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
PROGRAMA DE ACTUALIZACIÓN PROFESIONAL
PATPRO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA
VERSIÓN XIX - 2019



ACTA DE EVALUACIÓN DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN

Los Miembros del Jurado Calificador del Informe de Investigación denominado "**PROTOTIPO DE CONTROL DE ILUMINACIÓN EN ZONAS URBANAS,**" presentado por los bachilleres: **FERIA REGALADO CLARA LISBETH, FARFAN CIENFUEGOS REYSON KARL Y SAUCEDO ALVARADO BASILIO JAVIER,** participantes del Programa de actualización para Titulación Profesional en la Especialidad de Ingeniería Informática Versión XIX 2019; asesorados por el Dr. Rigo Requena Flores. Revisado y absueltas las observaciones formuladas por el Jurado Calificador, lo declaran:

APROBADO

Con la nota:

FERIA REGALADO CLARA LISBETH

13

FARFAN CIENFUEGOS REYSON KARL

13

SAUCEDO ALVARADO BASILIO JAVIER

13



Piura, 13 de julio del 2019

[Signature]

Mg. DUBERT REYES VASQUEZ
Miembro del Jurado

[Signature]

Mg. JUAN MANUEL FACINTO SANDOVAL
Miembro del Jurado

[Signature]

Mg. HEBERT ESPINO AGUIRRE

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a nuestros padres, por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

Agradecemos a nuestros docentes de la Escuela de Ingeniería Informática de la Universidad Nacional de Piura, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial, al Dr. Rigo Felix Requena Flores Asesor de nuestro proyecto de investigación quien ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente.

RESUMEN

El siguiente proyecto de investigación tiene como objetivo diseñar y construir un prototipo de control de iluminación pública inalámbrica. pero no es posible implementar, debido a que la empresa proveedora del Servicio de Alumbrado público no está obligada a facilitar el uso de los componentes de alumbrado y la información que brindan es restringida por lo tanto sólo se realizará pruebas funcionales en una maqueta de un parque necesarias para demostrar que los conceptos empleados son válidos.

En el primer capítulo se describe el problema de luminarias encendidas innecesariamente ocasionando continuamente perdidas de energía y la falta del alumbrado público cuando el foco de luz esta inoperativa; el segundo capítulo se centra en presentar el estado actual del sistema de iluminación y los conceptos básicos para el mejor entendimiento de los diferentes términos a utilizar; el tercer capítulo se centra en el diseño e implementación de la maqueta, configuración del Bluetooth y el desarrollo de la aplicación móvil; en el cuarto capítulo se presentará una propuesta para llevar a cabo la implementación de la maqueta a prototipo.

Finalmente, se automatizo el encendido y apagado de luces con Arduino controlado desde una aplicación Android vía Bluetooth solucionando los problemas del control del consumo de energía.

Palabras claves: Control de iluminación pública inalámbrica, control de iluminación en zonas urbanas, encendido y apagado de luces con Arduino.

ABSTRACT

The following research project aims to design and build a prototype wireless public lighting control. but it is not possible to implement, because the company has become a public service, it can not be used in the use of the lighting components and in the information that is offered. We need to show that the concepts used are valid.

In the first chapter, the problem of unnecessarily lit lights is described, causing continuous loss of energy and lack of public lighting when the light source is inoperative; the second chapter focuses on presenting the current state of the lighting system and the basic concepts for a better understanding of the different terms to be used; The third chapter focuses on the design and implementation of the model, the configuration of Bluetooth and the development of the mobile application; In the fourth chapter a proposal is presented to carry out an implementation of the prototype model.

Finally, the lights were turned on and off with Arduino controlled from an Android application via Bluetooth solving the problems of power consumption control.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1: PROBLEMÁTICA	2
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Formulación del problema	2
1.3 Objetivos	2
1.4 Limitaciones	3
CAPITULO 2: FUNDAMENTO TEÓRICO.....	4
2.1 Antecedentes	4
2.2 Bases teóricas científicas y Glosario	5
2.2.1 Sistema de control de iluminación publica.....	5
2.2.1.1 Instalación Eléctrica de un Sistema de Alumbrado Público.....	6
2.2.1.2 Sistemas de alumbrado.	8
2.2.1.3 Luminarias utilizadas en alumbrado Público:	10
2.2.1.4 Deficiencias en la operatividad del servicio de alumbrado público.....	15
2.2.1.5 Normativa vigente en proyectos de Alumbrado Público.....	16
2.2.2 Plataformas tecnológicas	16
2.2.2.1 Plataforma con Raspberry Pi.....	16
2.2.2.2 Plataforma con OpenPicus	17
2.2.2.3 Plataforma con Arduino	19
2.2.2.4 Arduino vs Raspberry Pi vs OpenPicus	20
2.2.3 Módulo relé	21
2.2.4 Tecnología GPRS	22
2.2.5 Modulo Bluetooth HC 06	23
2.2.6 Resistor Dependiente De La Luz:	24
2.2.7 Fococelda:	24
CAPITULO 3: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO.....	25
3.1 Hardware del Sistema	25
3.1.1 Materiales	25
3.1.2 Dispositivos de Entrada y Salida	25
3.1.3 Configuración del Módulo Bluetooth.....	27
3.1.4 Configuración del Sensor LDR.....	29
3.2 Software del sistema	30
3.2.1 Desarrollo de Aplicación Móvil	30

3.2.2 Aplicación Móvil	33
3.3 Maqueta	34
3.4 Notificaciones de Desperfecto	35
CAPITULO 4: PROPUESTA DE MEJORA DE PROTOTIPO	36
4.1. Dispositivos:	36
4.2. Conexión entre GPRS y Arduino	36
4.3 Esquema de la conexión de los dispositivos.....	37
PRESUPUESTO.....	39
CONCLUSIONES	40
RECOMENDACIONES	41
BIBLIOGRAFÍA.....	42
ANEXOS.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Protección Termo magnética.....	7
Figura 2: Contactor Trifásico.	7
Figura 3: Interruptor horario digital.	8
Figura 4: Estructura de una luminaria.	8
Figura 5: Bombilla de vapor de mercurio a baja presión.....	11
Figura 6: Bombilla de Vapor de Mercurio a Alta Presión.	12
Figura 7: Bombilla de Vapor de Sodio a Baja Presión.	13
Figura 8: Bombilla de Vapor de Sodio de Alta Presión.	13
Figura 9: Luminaria LED de alumbrado público.	14
Figura 10: Raspberry Pi.....	17
Figura 11: OpenPicus	18
Figura 12: Arduino Uno.....	19
Figura 13: Raspberry Pi vs OpenPicus vs Arduino.....	20
Figura 14: Partes de un relé electromagnético.....	22
Figura 15: Bluetooth HC 06.....	23
Figura 16: Sensor LDR.....	24
Figura 17: Fococelda.....	25
Figura 18: Esquemático de los dispositivos de entrada y salida.	26
Figura 19: Esquema del microcontrolador Arduino UNO.....	26
Figura 20: Conexión del módulo Bluetooth HC-06 con Arduino para entrar en modo comandos AT.....	28
Figura 21: Configuración de sensor LDR.....	29
Figura 22: Definición de variables APP inventor.....	30
Figura 23: Representación de cada botón para controlar la intensidad de todos los leds.	31
Figura 24: Configuración de valores para cada poste.....	31
Figura 25: Función para obtener los valores del Arduino.	32
Figura 26: Estados que representa cada led.	32
Figura 27: Interfaz de Inicio.....	33
Figura 28: Prototipo de pruebas.....	34
Figura 29: Esquema de Notificaciones de Desperfecto.....	35
Figura 30: Conexión entre GPRS y Arduino.	36
Figura 31: Esquema de conexión de los dispositivos.....	37
Figura 32: Conexión de los dispositivos para prototipo.....	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Niveles de Tensión en los sistemas de transmisión en Perú.	6
Tabla 2: Plazos Máximos para la subsanación de deficiencias	16
Tabla 3: Comparativa OpenPicus, Arduino y Raspberry Pi	21
Tabla 4: Materiales de Software y Hardware para maqueta	25
Tabla 5: Configuración por defecto modulo Bluetooth.	27
Tabla 6: Configuración final modulo Bluetooth.	28
Tabla 7: Presupuesto	39

INTRODUCCIÓN

Las instalaciones de alumbrado público tienen la finalidad de iluminar las vías de circulación y los espacios públicos que, por sus características, deben permanecer iluminadas, en forma permanente o circunstancial. El alumbrado público debe proporcionar unas condiciones de visibilidad idóneas para la conducción de vehículos, el paseo de viandantes o la observación del entorno.

Una buena iluminación urbana aumenta la seguridad de las personas y propiedades disminuyendo los delitos en vías públicas, aumenta la capacidad de reacción ante amenazas. También contribuye a la reducción de accidentes en la carretera, y a la ambientación urbana, dando personalidad al ambiente, pudiendo identificar lugares por su iluminación.

Un sistema de control de iluminación es una solución de control basada en redes de comunicación entre varios componentes, diseñado para regular un sistema de iluminación programado, supervisado y gestionado desde uno o más dispositivos informáticos. Los sistemas de control en la iluminación funcionan para distribuir la cantidad adecuada de luz artificial en el espacio y momento necesario, y pueden ser utilizados tanto en interiores como exteriores en espacios residenciales, industriales o comerciales.

Los sistemas de control de iluminación fueron utilizados inicialmente con un fin estético. Sin embargo, con el desarrollo de la domótica y el IoT (Internet of Things, o Internet de las cosas) este tipo de sistemas constituyen la base de la iluminación contemporánea y sin duda del futuro. Conforme las tecnologías van avanzando, los sistemas de control han afectado directamente la calidad de la iluminación de un espacio y se han vuelto un elemento esencial para lograr un buen diseño de iluminación. Es decir, regular y controlar un sistema de iluminación de forma activa, algo que es más allá del tradicional interruptor de encendido y apagado, nos permite adaptar la luz del espacio a cualquier situación que a su vez se traduce en una mejora del confort y la optimización del consumo energético.

CAPITULO 1: PROBLEMÁTICA

1.1 Descripción del problema

Las estaciones del año, se deben a la inclinación del eje de giro de la Tierra respecto al plano de su órbita respecto al sol, que hace que algunas regiones reciban distinta cantidad de luz solar según la época del año, debido a la duración del día y con distinta intensidad según la inclinación del sol sobre el horizonte esto causa que en las diferentes estaciones tengan luminarias encendidas innecesariamente ocasionando continuamente perdidas innecesarias de energía.

También otro de los problemas del alumbrado público es cuando el foco de luz esta inoperativa y no existe un sistema de notificación en tiempo real esto causa la demora en subsanar las luminarias provocando quejas por la falta de este servicio, inseguridad en hogares y negocios que están propensos a facilitar la delincuencia durante la noche y la madrugada, accidentes vehiculares por caer en hoyos que se ocultan en la oscuridad.

Entonces un sistema de programación de iluminación pública y de notificaciones de desperfectos permitirá tener un mejor control de la iluminación, de esta forma se podría administrar mejor la energía eléctrica e incrementar el confort para los usuarios.

1.2 Formulación del problema

¿Cómo hacer eficiente el sistema de programación de iluminación pública y de notificaciones de desperfecto?

1.3 Objetivos

Objetivo General:

Diseñar y construir un prototipo de control de iluminación pública inalámbrica.

Objetivo Específicos:

- Analizar, evaluar y seleccionar los componentes del circuito de control.
- Programar en la plataforma de Arduino para la interconexión con el sensor y controlar un punto de luz.
- Implementar una aplicación móvil para el encendido o apagado de las luces y de notificaciones de desperfectos.

1.4 Limitaciones

El prototipo de control de iluminación en zonas urbanas por el momento no es posible implementar, debido a que la empresa proveedora del Servicio de Alumbrado público (ENOSA) no está obligada a facilitar el uso de los componentes de alumbrado público, y la información que brindan es restringida por lo tanto sólo se realizarán pruebas funcionales necesarias para demostrar que los conceptos empleados son válidos y que es posible la incorporación y manipulación de los distintos componentes antes mencionados.

El límite de conectividad será por parte del Bluetooth y Arduino. Sin embargo, el modelo de la maqueta será lo más completa posible, lo cual permitirá desarrollar el prototipo.

CAPITULO 2: FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

(James, 2017) Desarrollo una tesis titulada control inteligente de sistemas de iluminación en edificios para optar el grado de Master en Ingeniería Mecánico Eléctrica con Mención en Automática y Optimización cuyo objetivo fue aplicar las tecnologías de microcontroladores y su uso en un sistema de iluminación inteligente, obtuvo como resultado que haciendo uso de redes neuronales artificiales y árboles de decisión han sido empleados para adaptar la iluminación al usuario sin dejar de cumplir las normas que se establecen por función de los ambientes, en tanto considerando la iluminación se ve afectada por muchos factores siendo estos inclusive el color de paredes y techos, los controladores no pueden ser estándar es por ello que se desarrolló un controlador PID adaptativo tanto con un sistema de identificación como también un sistema sin identificación. En conclusión, se tiene un sistema embebido con árboles de decisión como sistema de adaptación al usuario y como controlador del nivel mínimo de iluminación un control PID adaptativo sin identificación.

Esta tesis aporta en a identificar las tecnologías de microcontroladores y su uso en un sistema de iluminación inteligente, también las normas que se establecen por función de los ambientes y así tener una mejor idea en las actividades a realizar.

(Martínez, 2017) Desarrollo una tesis titulada Diseño e implementación de un sistema de control de iluminación natural basado en Arduino para optar el grado de ingeniero informático cuyo objetivo fue del proyecto consiste en el control del nivel de iluminación natural bien sea de una casa o de un edificio, obtuvo el siguiente resultado de implementar un sistema capaz de automatizar el movimiento de una serie de componentes los cuáles hagan que las persianas de un edificio suban y bajen de manera autónoma en función de la luz proveniente del exterior. En conclusión, se tiene un sistema de adaptación al usuario controlando el nivel de iluminación a través del Arduino.

Esta tesis aporta en identificar las tecnologías y uso del arruino y así poder tener una mayor idea de software y hardware libre para llevar a cabo la implementación.

(Alex, 2016) Desarrollo una tesis titulada Implementación de un sistema domótico con tecnología Arduino en app inventor para mejorar el control de temperatura e iluminación del hotel San Luis de Amarilis para optar el grado Ingeniero de Sistemas e informático cuyo objetivo fue Implementar un sistema domótica con tecnología Arduino en App Inventor para mejorar el control de temperatura e iluminación del hotel San Luis. Obtuvo el siguiente resultado, el desarrollo de la Domótica enfocándose a las necesidades del usuario, sino también para el mismo edificio, Con la recopilación de información sobre la domótica en el hogar, se ha visto las ventajas que nos ofrece esta plataforma. La conclusión fue que con la implementación del sistema domótica, el beneficio principal para el hotel con este proyecto está centrado en el ahorro de energía, por lo que se verá en alcance de reduce al presupuesto en los plazos indistintamente, ya sea a tiempo de largo plazo y mediano. Además de tener una ventaja de no tener dependencia de otros elementos como el internet debido a que el sistema ya se encuentre instalado, por lo que

definitivamente serán las mejoras para dicha temperatura de las habitaciones de los usuarios y también podrá controlar lo referente de la luz.

Esta tesis aporta en un sistema de domótica apoyándonos en el Arduino. También en este proyecto de investigación, pudimos comprender más sobre el Arduino, la importancia de sus componentes para el funcionamiento de las placas y demás sensores que hemos asociado y poder entender el código de programación.

(Herrera, 2018) Desarrollo una tesis titulada Propuesta de Prototipo de alumbrado inteligente y estudio Lumínico en exteriores de la ermita de la universidad de Piura utilizando tecnología Light Emitting Diode (LED) para optar el grado de Ingeniero mecánico eléctrico cuyo objetivo fue proponer una metodología adecuada para la replicación de este tipo de sistemas junto con la mejora de la eficiencia de los sistemas actuales. Obtuvo como resultado la propuesta de un prototipo de sistema inteligente, el cual cumple la función de regular el flujo luminoso, y a la vez el consumo energético, dependiendo de la presencia de personas. La conclusión fue, la finalidad de proponer sistemas inteligentes, es el disminuir el consumo energético, el cual suele ser a nivel nacional considerable con respecto a sistemas de alumbrado; mejorar la eficiencia de los sistemas, inculcando el uso de las nuevas tecnologías (electrónica y lumínica) e inculcar un campo de investigación referidas al área de eficiencia energética.

Esta tesis aporta en a futuras investigaciones y optimizaciones del mismo, debido al alcance limitado del mismo, como es el tema de la comunicación entre postes utilizando protocolos de comunicación, además de poder regular de manera remota las luminarias.

2.2 Bases teóricas científicas y Glosario

2.2.1 Sistema de control de iluminación publica

El objetivo principal del alumbrado público es permitir el tráfico, tanto para conductores como para peatones, en horas de la noche o en áreas oscuras con niveles aceptables de seguridad y confort, esto permite mejorar la calidad de vida de las personas que se benefician con este tipo de sistemas (Daniel, José, & Sergio, 2009)

Para conocer la operación de un sistema de alumbrado público debemos tomar en cuenta el comportamiento del Sistema Eléctrico Interconectado, el cual se divide en tres etapas:

- **Generación**

Está conformada por todas las centrales de generación eléctricas a nivel nacional (térmicas, hidráulicas, gas, etc.) entregando la potencia eléctrica necesaria para abastecer la demanda nacional.

- **Transmisión**

Está conformada por un conjunto de elementos eléctricos (estaciones de transformación, estructuras de transmisión, conductores o líneas eléctricas, elementos de protección y maniobra, etc.), los cuales cumplen la función de transportar la energía eléctrica a grandes distancias, desde las centrales de generación hacia las diferentes ciudades o pueblos a los que se desea energizar,

tomando en cuenta unos determinados parámetros que permitan la conservación de la calidad de la energía.

En esta etapa se pueden encontrar los siguientes niveles de tensión:

Tensión	Voltios
Alta	60 Kv
	138 Kv
	220 kV
Muy Alta	500 Kv

Tabla 1: Niveles de Tensión en los sistemas de transmisión en Perú.

- **Distribución**

Está conformada por diversos elementos eléctricos (postes de transmisión, conductores, subestaciones de transformación, elementos de protección, maniobra, medición, etc.); los cuales permiten derivar la energía eléctrica para el consumo de los usuarios en una ciudad, urbanización, predios, etc. Los usuarios pueden ser de media o baja tensión, de suministro de energía monofásica o trifásica.

Estos sistemas están subdivididos en:

- Subsistemas de Distribución Primarios: Conjunto de instalaciones eléctricas y subestaciones cuyas tensiones de servicio están comprendidas entre 1y 30KV.
- Subsistemas de Distribución Secundarios: Conjunto de instalaciones eléctricas cuyas tensiones de servicio son menores a 1KV.

2.2.1.1 Instalación Eléctrica de un Sistema de Alumbrado Público

Son las instalaciones eléctricas y unidades de alumbrado destinadas al alumbrado de las vías, plazas y parques. (Osinergmin, 2011).

El circuito que interconecta el alumbrado público de una ciudad, urbanización o calle es un derivado de los sistemas de distribución; siendo más específico, el alumbrado público es un circuito derivado del tablero de distribución eléctrico.

Un tablero de distribución está compuesto por una serie de elementos entre los que encuentran los que conforman el circuito de alumbrado los cuales son:

- Protecciones termo magnéticas, las cuales cumplen la función de protección de los circuitos aguas abajo ante una sobretensión o cortocircuito debido a su comportamiento térmico y magnético. Pueden llegar a disipar las fallas eléctricas dentro de sí y abrir el circuito y evitar fallas.
En el circuito del sistema de alumbrado se utilizan dos protecciones, una trifásica y una bifásica, para la protección del circuito de alumbrado (trifásico) y para proteger el circuito de control del alumbrado determinado por el interruptor horario digital (monofásico).



Figura 1: Protección Termo magnética.

Fuente: <https://www.cblelectricidad.com/> Termo magnética.

- Un contactor trifásico, es un elemento de maniobra o mando que permite el cierre o apertura del circuito, siempre y cuando esté energizado uno de sus componentes llamado bobina de excitación.



Figura 2: Contactor Trifásico.

Fuente: <https://www.cblelectricidad.com/> Contactor Trifásico.

- Un interruptor horario digital, es elemento de control el cual posee un programa interno que se debe configurar introduciendo los datos de referencia (fecha, hora exacta y coordenadas geográficas). Este elemento se programa para entregar la energía a la bobina de excitación del contactor y así cerrar el circuito de alimentación del alumbrado, este cierre se programa para que se pueda desenergizar la bobina del contactor y así abrir el circuito de alumbrado público.
El interruptor horario se debe configurar con los datos exactos de la zona donde se realizará la instalación del sistema de alumbrado público y debe

estar conectada su salida de mando a la bobina de excitación del contactor, alimentándola con 220V la cual es brindada por la señal de mando del interruptor horario y depende de la tensión de alimentación del tablero.



Figura 3: Interruptor horario digital.
Fuente: [https://itools.com/Interruptor digital](https://itools.com/Interruptor%20digital).

2.2.1.2 Sistemas de alumbrado.

Luminarias de alumbrado público

Una luminaria representa en sí un completo sistema de iluminación (Ibañez, 2013), cuya función es albergar a la fuente luminosa o lámpara y debe ser capaz de distribuir la luz que emite, adecuarla, filtrarla y transformarla; además, de albergar los elementos que requiera la mencionada lámpara para generar la emisión de luz.

Está constituido por un cuerpo o carcasa, portalámparas, en ocasiones balastro o un transformador y el sistema óptico compuesto por el reflector y según sea el caso, reflectores o difusores para controlar el deslumbramiento de la lámpara.

Componentes de una luminaria

Una luminaria está formada por las siguientes partes estructurales:

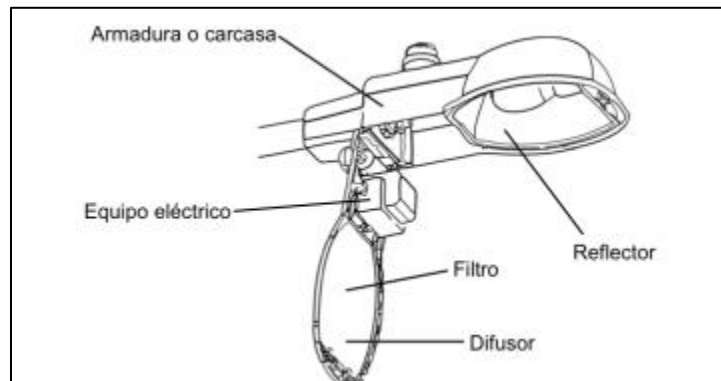


Figura 4: Estructura de una luminaria.

Fuente (Ibañez, 2013)

- Carcasa (Armadura): Elemento físico mínimo que sirve de soporte y delimita el volumen de todos los elementos interiores.
- Equipo eléctrico: Incluye el portalámparas y todo el conjunto de elementos necesarios para el arranque de la lámpara.
- Reflector: Superficie situada en el interior de la luminaria que permite modelar la forma y dirección del flujo en la dirección deseada.
- Difusor: Carcasa o pantalla de cierre que permite difundir el haz de luz y evitar el deslumbramiento.
- Refractor: Superficie que también modifica la distribución del flujo luminoso, pero en este caso por refracción.
- Dispositivos de pantalla: Elementos utilizados en algunos tipos de luminaria para reducir los deslumbramientos limitando la visión del punto de luz.
- Filtros: Elementos que se combinan junto a los difusores, refractores y dispositivos de pantalla para potenciar o reducir ciertas características de la radiación luminosa. Generalmente son utilizados para producir cambios en la tonalidad del color de la luz emitida.

Alcance

Extensión a la cual el haz de luz de la luminaria es capaz de iluminar a lo largo de la vía. Se determina mediante el ángulo en que la luminaria es capaz de iluminar la calzada en dirección longitudinal (γ_{max}). Dicho ángulo se obtiene como el valor medio de los dos ángulos correspondientes al 90% de la intensidad máxima en el plano donde la luminaria presenta su máxima de intensidad luminosa. Se pueden distinguir tres alcances:

- Alcance corto $\rightarrow \gamma_{max} < 60^\circ$
- Alcance intermedio $\rightarrow 60^\circ \leq \gamma_{max} \leq 70^\circ$
- Alcance largo $\rightarrow \gamma_{max} > 70^\circ$

Dispersión (apertura)

Cantidad de diseminación lateral de la luz a lo ancho de la vía. Se determina mediante el ángulo en que la luminaria es capaz de iluminar el 90% en dirección transversal a la calzada (γ_{90}). Se define como la recta tangente a la curva isocandela del 90% de la intensidad máxima proyectada sobre la calzada, paralela al eje de esta, y más alejada de la luminaria. Se pueden distinguir tres dispersiones:

- Dispersión estrecha $\rightarrow \gamma_{90} < 45^\circ$
- Dispersión media $\rightarrow 45^\circ \leq \gamma_{90} \leq 55^\circ$
- Dispersión ancha $\rightarrow \gamma_{90} > 55^\circ$

Control

Capacidad de la luminaria para controlar el deslumbramiento producido. El control se divide según el índice específico de la luminaria (SLI):

- Control limitado $\rightarrow SLI < 2$
- Control medio $\rightarrow 2 \leq SLI \leq 4$
- Control intenso $\rightarrow SLI > 4$

El índice se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$SLI = 13,84 - 3,31 \cdot \log(I_{80}) + 1,3 \cdot \log(I_{80}/I_{88})^{0,5} - 0,08 \cdot \log(I_{80}/I_{88}) + 1,29 \cdot \log(F) + C$$

Donde:

I_{80} = Intensidad luminosa a un ángulo de elevación de 80°, en un plano paralelo al eje de la calzada (cd).

I_{88} = Intensidad luminosa a un ángulo de elevación de 88°, en un plano paralelo al eje de la calzada (cd).

F = Área emisora de luz de las luminarias (m^2) proyectadas en la dirección de elevación a 76°.

C = Factor de corrección del color, variable según el tipo de lámpara (0'4 para sodio baja presión y 0 para las otras).

Lámpara

Se denominan Lámpara o fuente de luz o fuente luminosa a todo cuerpo que emite radiación luminosa, siempre y cuando esta radiación esté referida en el espectro visible. Existen dos fenómenos los cuales caracterizan a las fuentes luminosas, las cuales son:

- Incandescencia: Este fenómeno caracteriza a ciertas fuentes luminosas las cuales llegan a emitir luz ocasionada por energía calorífica, es decir, una fuente luminosa incandescente llega a emitir luz cuando se alcanza una cierta temperatura que depende de las características del cuerpo.
- Luminiscencia: Es la propiedad que tiene algunas fuentes luminosas para producir luz originada por la absorción de energía externa, esto lo realizan sin elevar su temperatura.

2.2.1.3 Luminarias utilizadas en alumbrado Público:

Bombilla de Vapor de Mercurio.

Estas bombillas son del tipo de lámparas de descarga, tienen un tubo largo de vidrio cual está recubierto en su interior por fósforo y que en su interior contiene gas mercurio junto con otros gases inertes como el argón o neón.

El funcionamiento de estas lámparas se realiza al hacer pasar una corriente, la cual es limitada por el balastro, por medio de dos electrodos (filamentos de tungsteno o wolframio) lo cual permite que la mezcla de gases se ionice y que emitan fotones, pero en el rango de luz infrarroja. Es por esto que se realiza el recubrimiento del tubo de fosforo u otro recubrimiento fluorescente, ya que permite que la radiación en el rango infrarrojo se convierte en radiación en el rango del espectro visible.

Donde podemos encontrar dos tipos de bombillas de este tipo:

- **Bombillas de Vapor de Mercurio a baja presión.**

Las cuales trabajan con la mezcla de gas mercurio y gases nobles a presiones bajas de trabajo, poseen una vida útil promedio de entre 5000 y 7000 horas.

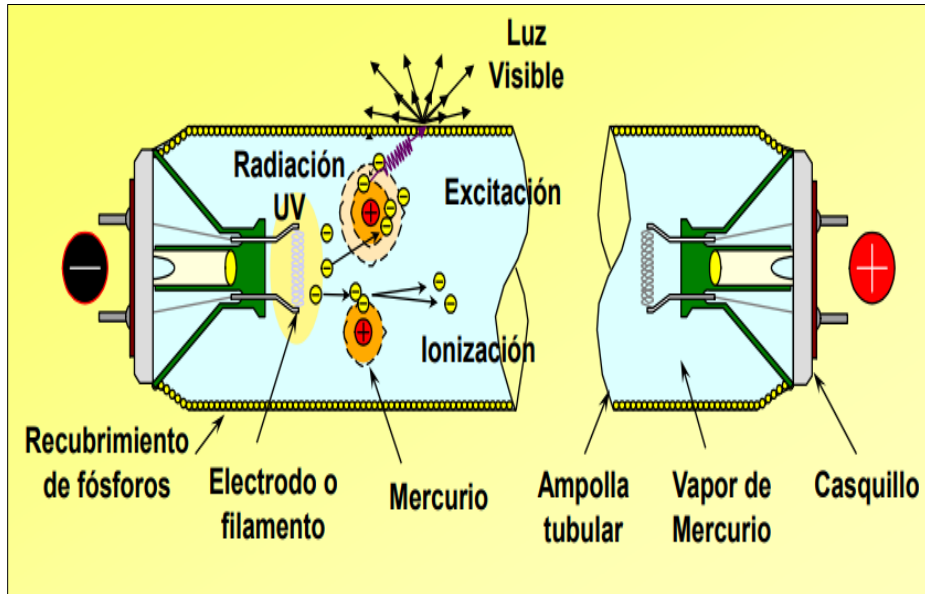


Figura 5: Bombilla de vapor de mercurio a baja presión.
Fuente (Ibañez, 2013)

- **Bombillas de Vapor de Mercurio de alta presión.**

La lámpara de vapor de mercurio de alta presión contiene un tubo de descarga que contiene gas inerte para facilitar el encendido y una pequeña cantidad de mercurio para vaporizar.

El tubo, al estar sometido a soportar altas temperaturas, es de cuarzo. En su interior hay dos electrodos en los extremos que son generalmente de tungsteno o wolframio. Cuando se produce la descarga se genera una radiación en la cual una parte se genera en la región visible del espectro luminoso, en forma de luz, y otra parte se emite en la región ultravioleta. Para ofrecer mayor iluminación lleva un recubrimiento interior de la ampolla exterior de un polvo fluorescente que convierte la radiación de la parte ultravioleta en radiación visible.

Para poder realizar su funcionamiento van acompañadas de un equipo auxiliar, concretamente de un balasto y requieren de un periodo de calentamiento (aproximadamente de 4 a 7 minutos) para producir su salida de luz máxima. Actualmente, las lámparas de vapor de mercurio están quedando obsoletas debido a su alto grado de contaminación después de su utilización o vida útil, ya que su principal componente, el mercurio, es altamente contaminante.

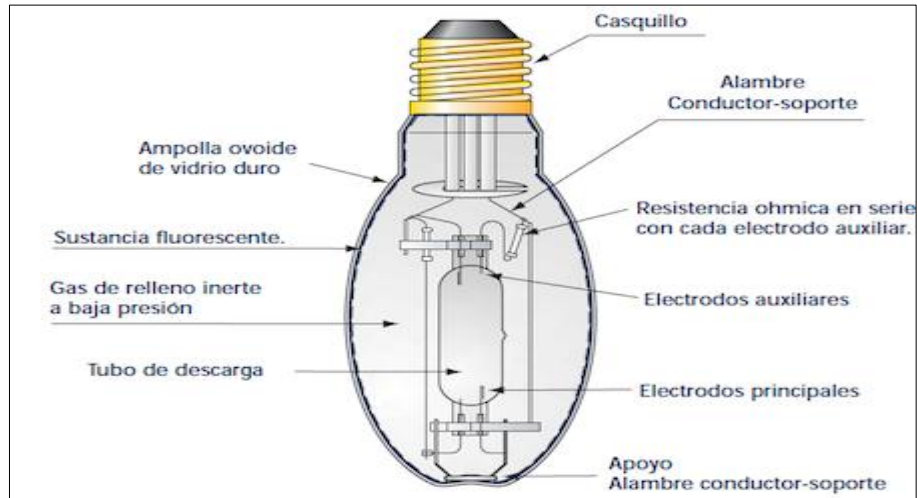


Figura 6: Bombilla de Vapor de Mercurio a Alta Presión.
Fuente (Ibañez, 2013)

Ventajas

- Elevada vida media.
- No necesita arrancador.

Desventajas

- Residuo sólido.
- Necesita tiempo de encendido.

Su utilidad ha sido para iluminación de exteriores, para conseguir a diferencia de las lámparas de vapor de sodio, una luz más blanca y con una mejor reproducción de los colores. Actualmente se recomienda su no utilización.

Bombilla de Vapor de Sodio

Estas bombillas tienen casi el mismo principio de funcionamiento que las de vapor de mercurio. Esta vez el elemento que se utiliza es el vapor de sodio metálico de alta pureza junto con gases inertes, los cuales se ionizan liberando fotones, por medio de la inyección de una corriente por el par de filamentos de tungsteno o wolframio con los que cuentan. Al igual que las bombillas de vapor de mercurio, en este tipo de bombilla se tiene dos tipos, en función a su presión de trabajo.

- **Bombillas de Vapor de Sodio de Baja Presión**

En estas bombillas el gas se ubica en una ampolla en forma de U, donde en los extremos se encuentran los electrodos encargados de la ionización. Esta bombilla tiene una vida útil muy elevada, con un promedio de 15000 horas.

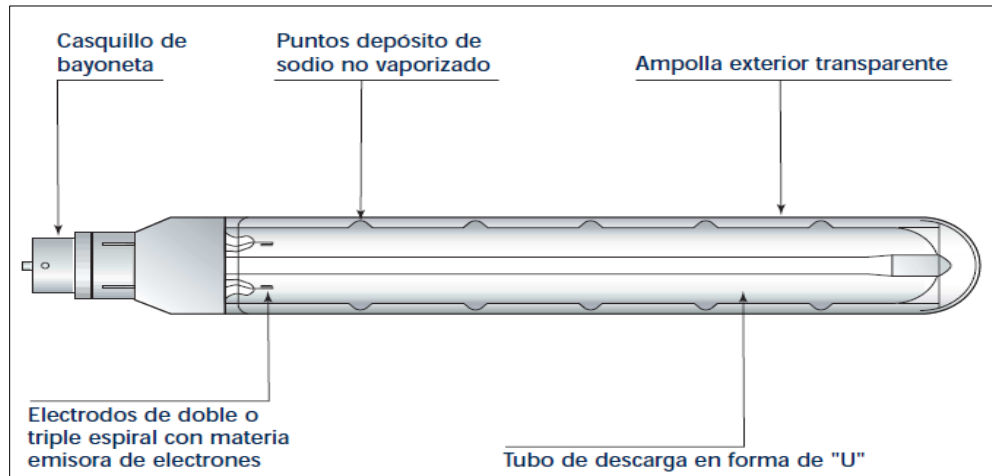


Figura 7: Bombilla de Vapor de Sodio a Baja Presión.
Fuente (Ibañez, 2013)

- **Bombillas de Vapor de Sodio de Alta Presión.**

Las presiones de trabajo son más elevadas, lo cual permite la mejor reproducción de color abarcando casi todo el espectro visible, es por eso que emite una luz, blanca-dorada. Esta bombilla tiene un tiempo de vida útil de 12000 horas.

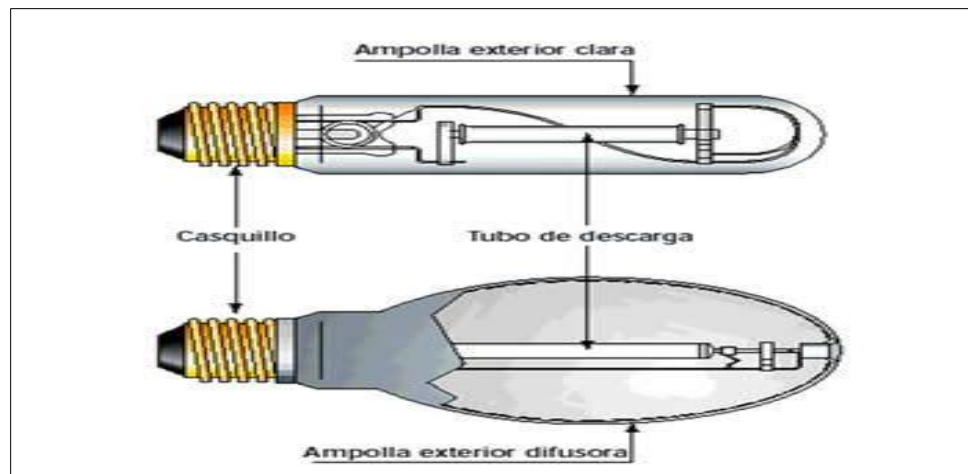


Figura 8: Bombilla de Vapor de Sodio de Alta Presión.
Fuente: (Ibañez, 2013)

Ventajas

- Elevada vida media.
- Eficacia elevada.

Desventajas

- Necesita un equipo auxiliar.
- Necesita tiempo de encendido.

Tienen la misma utilidad que las lámparas de vapor de sodio de baja presión, es decir, son ampliamente utilizadas para alumbrado exterior, especialmente túneles y calles de polígonos industriales ya que no es necesaria una buena calidad de reproducción de los colores, pero a diferencia de las de baja presión, ofrecen una ligera mejor en la reproducción cromática.

Luminarias LED de alumbrado público.

Un LED es un dispositivo semiconductor (LED: Light Emitting Diode) que emite luz cuando circula por él una corriente eléctrica, fenómeno conocido como electroluminiscencia.

Las lámparas, están conformadas por un conjunto de leds distribuidos, generalmente de forma matricial, para poder generar un mayor flujo luminoso, lo interesante de estos tipos de luminarias, es que emiten un buen flujo luminoso, consumiendo, relativamente, menos potencia eléctrica en comparación de otras luminarias que emiten el mismo flujo luminoso, consumiendo más potencia eléctrica.



Figura 9: Luminaria LED de alumbrado público.
Fuente: iluminacionled.com/ Luminaria LED

Ventajas

- Vida media elevada.
- Bajo consumo.
- Buena reproducción cromática.
- Regulación y control del haz de luz.

Desventajas

- Costo elevado
- Necesita equipo auxiliar

Es útil para cualquier ámbito ya que tiene una alta resistencia a las condiciones ambientales, buen rendimiento, buena reproducción cromática. Entre algunas de sus aplicaciones se encuentran en iluminación de interiores, de exterior, linternas, faros de automóviles.

2.2.1.4 Deficiencias en la operatividad del servicio de alumbrado público

El objetivo principal es definir y clasificar las deficiencias que afectan la operatividad de las unidades de alumbrado público, así como fijar los plazos máximos para que el concesionario subsane las mismas. Asimismo, el procedimiento establecerá las pautas que deben seguir tanto el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería como los concesionarios para realizar la supervisión de la operatividad de las unidades de alumbrado público (Osinergmin, 2011).

Deficiencia de alumbrado público

Falta de elementos de las instalaciones de alumbrado público, o existiendo éstos su condición de funcionamiento es defectuosa o inferior a su estándar de diseño, norma o montaje y que incide en la operación eficiente del servicio de alumbrado.

Deficiencia desestimada

Para efectos del presente procedimiento se considera deficiencia desestimada a aquellos casos que no serán tomados en cuenta para el cálculo de los respectivos indicadores. En ese sentido, se considerará los siguientes casos:

- Deficiencias de alumbrado público que no corresponden a las definidas como deficiencias típicas en el presente procedimiento.
- Deficiencias de alumbrado que no corresponden a instalaciones del concesionario.
- Deficiencias que han sido denunciadas y que fueron subsanadas en la atención de una denuncia anterior.

Deficiencias típicas

Grupo de deficiencias de alumbrado público consideradas en el procedimiento para efectos de la supervisión de la operatividad de la Unidad de Alumbrado Público, reportes de deficiencias (denuncias) y plazos de subsanación. Se clasifican de la siguiente manera:

- Lámpara inoperativa: Lámpara apagada, lámpara con encendido intermitente o inexistencia de lámpara.
- Pastoral roto o mal orientado: Cuando la luminaria, el pastoral, braquete o soporte a pared esté roto, desprendido o girado fuera de su posición de diseño que imposibilita el cumplimiento de su función.
- Falta de Unidad de Alumbrado Público: Cuando entre postes o soportes existentes con alumbrado, falta un poste de alumbrado originado por deterioro, choque de vehículos u otra causa, o existiendo el soporte falta el artefacto de alumbrado público.
- Interferencia de árbol: Cuando el follaje del árbol por su cercanía física a la luminaria interfiere al haz luminoso y origina zona oscura en la vía.

Deficiencia	Zona Urbana	Zona Urbano Rural
Lámpara inoperativa	Tres días hábiles	Siete días hábiles
Pastoral roto o mal orientado	Tres días hábiles	Siete días hábiles
Falta de Unidad de Alumbrado publico	Siete días hábiles	Catorce días hábiles
Interferencia de árbol	Cuarenta y cinco días hábiles	Cuarenta y cinco días hábiles

Tabla 2:Plazos Máximos para la subsanación de deficiencias

2.2.1.5 Normativa vigente en proyectos de Alumbrado Público.

Para los proyectos de electrificación que con llevan el diseño, montaje, supervisión, puesta en marcha y mantenimiento de un sistema de alumbrado público, se debe tener en cuenta las siguientes normas y leyes a tener en cuenta y sugeridas por el Ministerio de Energía y Minas.

- RM_013-2003-EM/DM: Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución”.
- RM_185-2003-EM/DM: Establecen índices lámparas/usuario y factores KALP para el cálculo del porcentaje máximo de facturación por el servicio de alumbrado público.
- RD 017-2003-EM/DGE: Norma DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Áreas Rurales”.
- RCD_078-2007-OS/CD: “Procedimiento de Supervisión de la Operatividad del servicio de Alumbrado Público.

Base Legal.

- Decreto de Ley N° 25844 – Ley de Concesiones Eléctricas (Artículo 94°).
- Decreto Supremo N° 009-93-EM – Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas (Artículos 184°, 201°).
- Decreto Supremo N° 020-97-EM – Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos y modificaciones.
- Decreto Supremo N° 004-95-MTC.

2.2.2 Plataformas tecnológicas

2.2.2.1 Plataforma con Raspberry Pi

Raspberry Pi es un integrado de placa reducida o placa única de bajo coste, cuyo objetivo es el de Estimular la Enseñanza de las ciencias de la computación. Una parte importante de la Raspberry Pi, es el Sistema Operativo estará instalado en la tarjeta SD y podremos cambiar de este simplemente cambiando de tarjeta.

Uno de los sistemas Operativos más utilizados en este tipo de tarjetas es Raspbian que se trata de un Debian(Linux) optimizado para este ordenador. Es de tamaño reducido y permite conectarlo a varios tipos de accesorios dándole versatilidad que permite utilizarse para varios tipos de tareas (García, 2015).

Figura 10:
Raspberry Pi
Fuente:
<https://www.raspberrypi.org>



[//www.raspberrypi.org](https://www.raspberrypi.org)

Su misión principal es la de enseñar informática en las aulas. Pero también sirve para utilizarse como un pequeño ordenador doméstico básico, y la comunidad de makers también la usa como motor para varios tipos de proyecto.

Sistemas Operativos Soportados

El sistema operativo del Raspberry pi trabaja en entorno de Linux y contiene algunas distribuciones que se pueden utilizar para el funcionamiento de la tarjeta. Aquí se ve una lista de los diferentes sistemas:

- Linux
- Androide 98
- Arch Linux ARM
- Debian Whezzy
- Firefox OS
- Gento o Linux 99
- Pidora
- Aros

2.2.2.2 Plataforma con OpenPicus

OpenPicus es una empresa italiana que provee soluciones tanto de código abierto como de hardware abierto para llevar a cabo la implementación de sistemas conectados a Internet, lo que actualmente se conoce como el Internet de las cosas.

Los módulos están enriquecidos con un sistema operativo de software libre potente, pero a la vez ligero y tiene embebido una pila de software TCP/IP, así como un servidor web (Rodrigo, 2014).

Principalmente, esta compañía produce dos productos de hardware:

- Módulos Flyport: Se trata de un sistema en módulo basado sobre procesadores PIC Microchip Technology que presenta diferentes tipos de conectividad a Internet: Wi-Fi, GPRS y Ethernet. Los módulos Flyport son utilizados para conectar y controlar sistemas a través de Internet

mediante un servidor web integrado, el cual se puede personalizar, o los servicios estándar TCP/IP.

Estos módulos cuentan con un microcontrolador y un transceptor todo en uno. El microcontrolador se encarga de ejecutar la aplicación, por lo que no es necesario un procesador host.

- Placas de expansión Nest, que se crean para aplicaciones específicas, compatibles con cada Flyport. Además de los productos hardware que acabamos de comentar, OpenPicus posee un IDE libre para el desarrollo proporcionado por el fabricante para crear, compilar y descargar aplicaciones (firmware) de los módulos y de importación de las páginas web externas.



Figura 11: OpenPicus
Fuente: (Rodrigo, 2014).

Las ventajas principales de los microcontroladores OpenPicus son las siguientes:

- Fiabilidad: Miles de dispositivos están basados en Flyport o FlyportPRO. Hay una gran comunidad que nos informa de los problemas y errores.
- Bajo coste: Flyport y FlyportPRO son sistemas en módulo, así que no necesitamos ningún controlador externo.
- Flexibilidad: Sigue tus necesidades de mercado ya que los pines de los módulos Flyport son compatibles. Los pines de los módulos FlyportPRO también son compatibles.
- Fácil portabilidad: Todos los módulos Flyport tienen el mismo controlador. Los módulos FlyportPRO también presentan el mismo controlador.
- Servidor web incorporado: Nos da la posibilidad de interactuar con el dispositivo en un navegador, incluso en el smartphone o Tablet.

2.2.2.3 Plataforma con Arduino

Arduino es una plataforma electrónica de hardware libre basada en una placa con un microcontrolador. Con software y hardware flexibles y fáciles de utilizar, Arduino ha sido diseñado para adaptarse a las necesidades de todo tipo de público, desde aficionados, hasta expertos en robótica o equipos electrónicos (Arduino, 2019).

Ante todo, y sobre todo es un microcontrolador, es decir un ordenador completo integrado en un chip, con su CPU, memoria de programa, memoria de datos y circuitos para el control de periféricos. El microcontrolador necesita para su correcto funcionamiento, de algunos circuitos auxiliares y complementos tales como:

- La entrada de alimentación
- El oscilador de trabajo
- Circuito de RESET
- La conexión USB
- Los accesos a las líneas de entrada y salida, etc

También consta de un simple, pero completo, entorno de desarrollo, que nos permite interactuar con la plataforma de manera muy sencilla. Se puede definir por tanto como una sencilla herramienta de contribución a la creación de prototipos, entornos, u objetos interactivos destinados a proyectos multidisciplinarios y multitecnología.



Figura 12: Arduino Uno

Fuente: (Arduino, 2019).

La placa Arduino está capacitada para incorporar hardware adicional, contiene una matriz de terminales en la que se puede añadir hardware de acuerdo al requerimiento del prototipo a desarrollar.

2.2.2.4 Arduino vs Raspberry Pi vs OpenPicus

Si comparamos estas tres tecnologías nos vamos a dar cuenta que son diferentes, aunque a menudo escuchemos a hablar de ellas para dar solución a los mismos problemas, como pueden ser proyectos sencillos de robótica o domótica.

OpenPicus como Arduino son un microcontrolador programable, es decir, lo conectamos a nuestro ordenador y programamos una función a sus sensores. Los proyectos llevados a cabo por esta gama de microcontroladores están enfocados a la electrónica y la robótica básica.

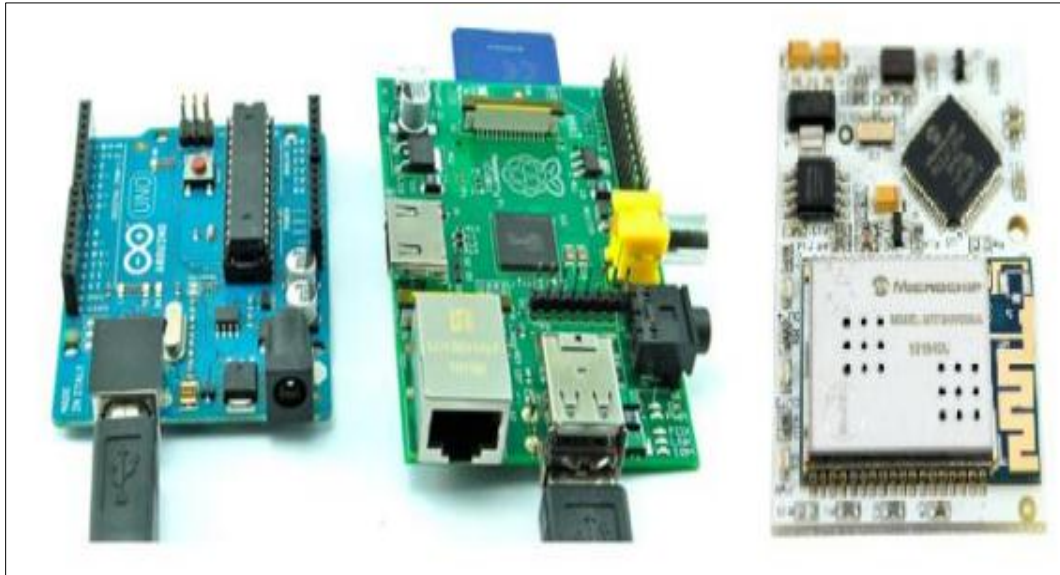


Figura 13: Raspberry Pi vs OpenPicus vs Arduino
Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, Raspberry Pi se trata de un micro ordenador u ordenador de bajo coste que cuenta con un sistema operativo de tipo Linux., con memoria RAM, dispone de entradas y salidas para teclado, monitor, ratón y un cable Ethernet. Aunque es cierto que Raspberry Pi se ha utilizado en numerosas ocasiones en combinación con Arduino para crear proyectos de robótica esta no es su función principal. Podemos decir que el propósito de Raspberry es actuar como un ordenador, con un coste bajo, pero también con bajo poder computacional.

Por último, vamos a realizar una comparación de algunos factores de estas tecnologías que pueden ayudarnos a la hora de elegir la tecnología adecuada para nuestros proyectos:

	Raspberry Pi	OpenPicus	Arduino
Coste	Bajo	Bajo	Bajo
Escalabilidad	Alta	Alta	Alta
Prestaciones	Se comporta igual que un ordenador, pero con una potencia limitada. Capacidad para interconectar sensores de diversa naturaleza.	Microcontrolador capaz de embeber software. Capacidad para interconectar sensores de diversa naturaleza	Microcontrolador capaz de embeber software. Capacidad para interconectar sensores de diversa naturaleza
Documentación	Mucha	Mucha	Mucha
Aprendizaje	Fácil y rápido	Fácil y rápido	Fácil y rápido
Facilidad de uso	Alta	Alta	Alta
Adaptabilidad a nuestras necesidades	Alta	Media-Alta	Media-Alta

Tabla 3: Comparativa OpenPicus, Arduino y Raspberry Pi

Está claro que la elección de una tecnología u otra no será siempre la misma y que dependerá de los objetivos y naturaleza del proyecto en cuestión. Si lo queremos disponer de un sistema Linux empotrado, Raspberry Pi se convertirá en una buena opción. En cuanto a los microcontroladores, Arduino es una buena opción cuando queramos trabajar con diversos sensores, ya que existe una amplia gama de estos en el mercado. Sin embargo, si tenemos otro tipo de necesidades como la utilización de la web, OpenPicus será interesante ya que cuenta con Servidor Web empotrado.

2.2.3 Módulo relé

El relé permite controlar componentes de alto amperaje o alto voltaje, los cuales no se puede controlar directamente desde el Arduino, con este módulo se controla motores AC (220V), motores DC, solenoides de electroválvulas, electroválvulas y una gran variedad de actuadores. (Unicrom, 2016).

Partes de un relé electromagnético.

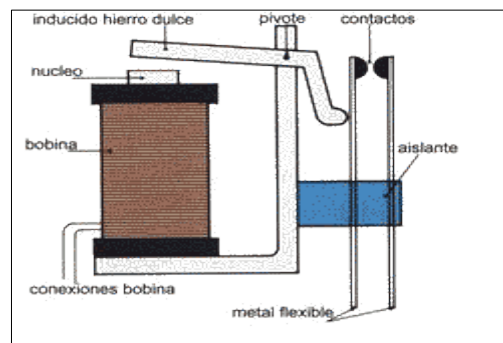


Figura 14: Partes de un relé electromagnético.
Fuente: (Unicrom, 2016).

El relé electromagnético es uno de los relés más utilizados, las partes principales son:

- La bobina: La bobina de este relé es la encargada de generar una corriente inducida en el bobinado crear un campo magnético.
- Conexiones de la bobina: Mediante estas conexiones daremos tensión a la bobina, normalmente serán tensiones de 12 voltios o 24 voltios en corriente continua.
- Núcleo: El núcleo está situado en el interior de la bobina y se magnetiza con la intención de atraer la parte metálica llamada hierro inducido.
- Hierro inducido: El hierro inducido se moverá atraído por el núcleo y provocará la unión de los contactos abiertos.
- Contactos abiertos: Los contactos abiertos los utilizaremos para dar tensión al receptor que queramos hacer actuar.

2.2.4 Tecnología GPRS

El Sistema General de Paquetes de Datos, GPRS (General Packet Radio Service), es un estándar para el transporte de paquetes de datos que comparte con GSM su rango de frecuencias. Desde el punto de vista de la telefonía móvil fue utilizado para modificar la forma de transmitir datos en una red GSM, pasando de la conmutación de circuitos a la conmutación de paquetes.

En GPRS es posible tener terminales que gestionen cuatro canales simultáneos de recepción y dos de transmisión, pasando de velocidades de 9,6 Kbps en GSM a 40 Kbps en recepción y 20 Kbps de transmisión en GPRS. (Sánchez, 2005)

Características:

- Optimización de los recursos radio.
- Conexión con redes externas de datos.
- Introducción la conmutación de paquetes de datos extremo a extremo.
- Para cada contexto activado se define una calidad de servicio determinada.
- Calidad de servicio y tipo de servicio. Se pueden controlar aspectos como el retardo de entrega de los paquetes, el caudal medio y de pico ofertado y la fiabilidad del enlace.
- Tarificación por volumen de datos intercambiados y por calidad de servicio ofertada.
- Coexistencia con el sistema GSM.
- Permite destinar varias ráfagas (slots) a un mismo usuario, lo que permite velocidades de transmisión de pico elevadas.
- Ofrece un gran potencial para la creación de nuevos servicios de valor añadido (Servidores de Internet) ya que la asignación de recursos del enlace ascendente y descendente están absolutamente desacopladas (el enlace ya no es simétrico). Esto permite tratar de modo eficiente aplicaciones que generen tráfico asimétrico.

Ventajas

- Al utilizar conmutación de paquetes la tarifa está en relación al tráfico

consumido.

- Trabaja sobre la misma estructura de GSM.
- Permite que GSM se pueda comunicar con redes LAN, WAN e Internet.
- Tasas de transmisión hasta de 144kbps.
- Los datos son enviados al mismo tiempo que se puede realizar una llamada.
- Modo de transmisión asimétrico.

Desventajas

- La cobertura dependerá de la extensión de la red GSM, si en algún lugar no se cuenta con celdas GSM será imposible tener terminales GPRS.
- La velocidad se verá afectada dependiendo del número de usuarios que tenga una celda GSM. Pues GPRS utiliza los mismos canales de GSM, las operadoras no habilitarán todos los canales de una celda solo para GPRS sino solo un porcentaje.

2.2.5 Modulo Bluetooth HC 06

Su pequeño tamaño y sus buenas características de transmisión y recepción que le brindan un alcance muy amplio (por tratarse de un sistema local Bluetooth), es el bajo consumo de corriente que posee tanto en funcionamiento, como en modo de espera, es decir, alimentado con energía, pero sin conexión o enlace a otro dispositivo.

Otra característica interesante de este módulo es que una vez que ha realizado un enlace con otro dispositivo es capaz de recordarlo en su memoria y no solicita validación alguna ("1234" por defecto), pero si se activa el pin 26 (KEY) hacia la tensión de alimentación, esta información se elimina y el módulo HC-06 solicitará nuevamente la validación del enlace. Otro detalle particular es que su tensión de alimentación de 3,3 Volts y su bajo consumo (8mA en transmisión/recepción activa) lo transforman en un dispositivo ideal para trabajar con microcontroladores de la misma tensión de alimentación (BlueTooth, 2019).



Figura 15: Bluetooth HC 06
Fuente: (BlueTooth, 2019).

Características:

- Modulo esclavo
- Tiene la función de recordar el último dispositivo esclavo emparejado. Solo hace el emparejamiento si el PIN 26 está en alto nivel.
- Pairing: es dispositivo maestro puede emparejarse con el dispositivo esclavo

de forma automática.

- Comunicación Multi-dispositivos: la comunicación para los módulos solo es punto a punto, pero el adaptador se puede comunicar con múltiples módulos.
- Durante el proceso de comunicación, el módulo no puede entrar en modo AT.
- Velocidad de comunicación por defecto: 9600 baudios (1200 – 1,3 Mbaudios ajustable)
- KEY: para borrar el master de la memoria.

2.2.6 Resistor Dependiente De La Luz:

Viene de la expresión inglesa Light Dependent Resistor, se caracterizan por ser un componente pasivo cuya resistencia varía en función de la luz que recibe. Este componente nos permitirá saber qué nivel de luz hay en el exterior. Su funcionamiento se basa en una resistencia, la cual va variando dependiendo de la luz recibida.

Al incidir la luz sobre él, algunos fotones son absorbidos, provocando que electrones pasen a la banda de conducción, disminuyendo, así, la resistencia del componente. En resumen, se puede afirmar que a medida que aumenta la luz sobre el LDR, disminuye la resistencia de éste. Los valores oscilan entre 1Mohm (total oscuridad) y 50-100Ohm (luz brillante). (Electronica.org, 2019).

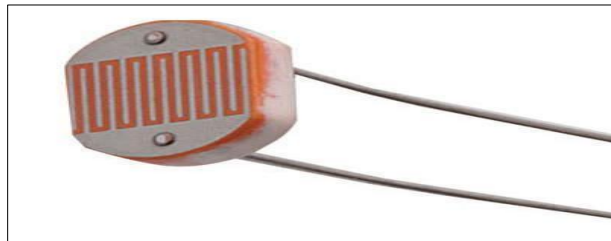


Figura 16: Sensor LDR
Fuente: (Electronica.org, 2019).

2.2.7 Fotocelda:

Son elementos de control automático. Esta abre o cierra su contacto dependiendo de la intensidad luminosa. Estando cerrado cuando está oscuro, y abierto en la claridad. La fotocelda, debe ser alimentada por una fuente a 120VAC o 220VAC.



Figura 17: Fotorresistor

Fuente: <https://faradayos.blogspot.com/2014/02/conexion-fotorresistor-caracteristicas-aplicacion.html>.

CAPITULO 3: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

3.1 Hardware del Sistema

3.1.1 Materiales

Para el desarrollo de esta aplicación se utilizó los materiales de software y hardware para la construcción de los circuitos integrados en Arduino. El principal elemento es el microcontrolador de Arduino Uno que se encarga de recibir las peticiones por medio del puerto USB para su posterior programación y control vía Bluetooth.

Los componentes complementarios como los leds, resistencias, protoboard, sensor LDR y cables jumper se pueden conseguir en cualquier tienda electrónica del mercado.

Software	Arduino	Versión 1.8.8
	Proteus	Versión 8 Professional
	App Inventor	Versión 2
Hardware	Arduino	UNO
	Resistencia dependiente de luz	Fotorresistor, LDR
	Divisor de voltaje	100 ohm
	Bluetooth	HC-06
	Cables jumper	Macho - Macho, Hembra - Macho
	Diodo	LED
	Protoboard	830 puntos de contacto

Tabla 4: Materiales de Software y Hardware para maqueta

3.1.2 Dispositivos de Entrada y Salida

Conjunto de componentes que simulan el escenario real.

LDR: Se Programó por medio de Arduino los rangos de la intensidad luminosa, debido a que la luminosidad afecta y cambia los valores ya que es un resistor que varía el valor en función de la cantidad de luz que incide sobre él.

Conjunto de leds: Simulan los postes de la manzana. Con una intensidad de luz baja, luz media, luz alta.

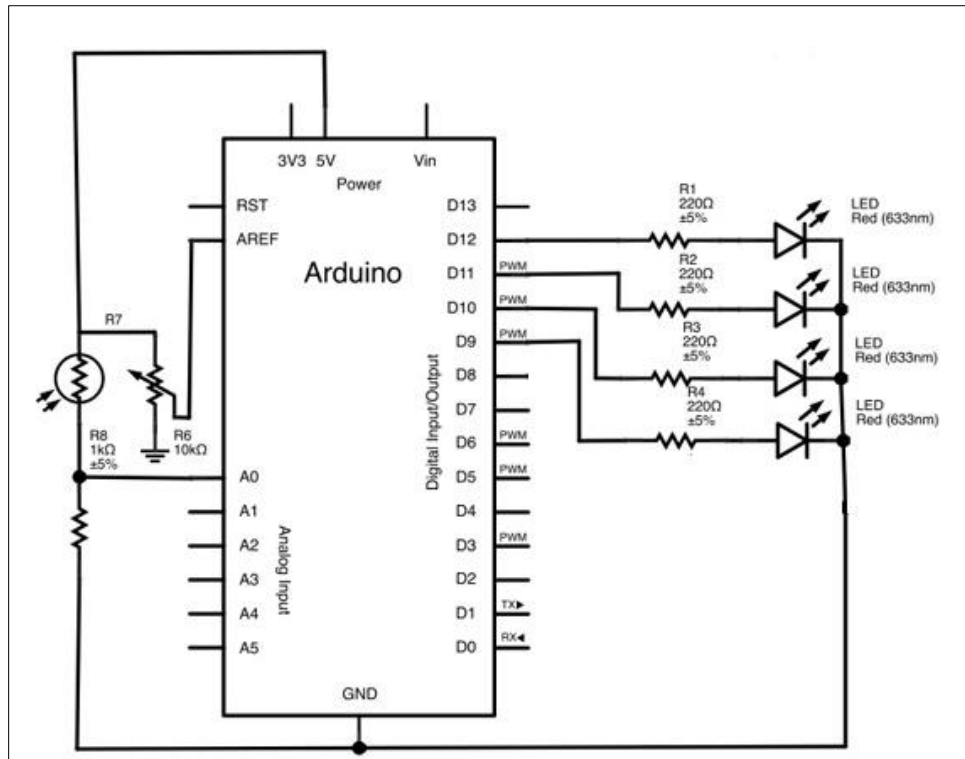


Figura 18: Esquemático de los dispositivos de entrada y salida.
Fuente: Elaboración propia

Arduino: Va a permitir programar el control automático y manual. Posee entradas y salidas digitales, entradas y salidas analógicas y entradas y salidas para protocolos de comunicación.

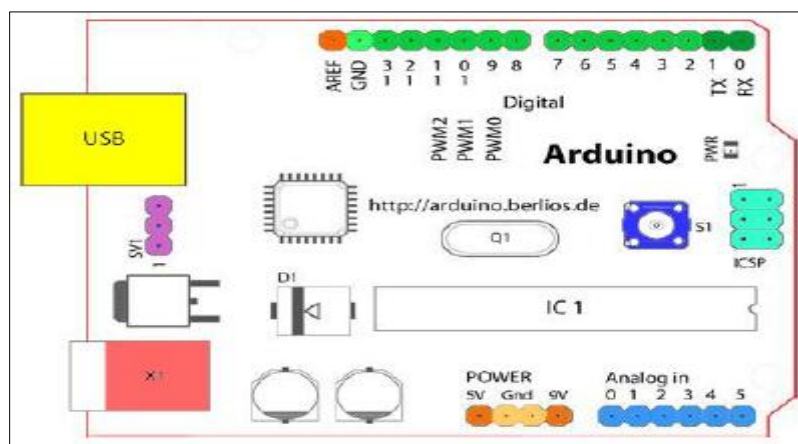


Figura 19: Esquema del microcontrolador Arduino UNO
Fuente: (Arduino, 2019)

- Terminal de referencia analógica (naranja)
- Tierra digital (verde claro)
- Terminales digitales 2-13 (verde)
- Terminales digitales 0-1/ E/S serie - TX/RX (verde oscuro)
- Botón de reinicio - S1 (azul oscuro)
- Programador serie en circuito "ICSP" (celeste)
- Terminales de entrada analógica 0-5 (azul claro)
- Terminales de alimentación y tierra (alimentación: naranja, tierras: naranja claro)
- Entrada de alimentación externa (9-12VDC) - X1 (rosa)
- Selector de alimentación externa o por USB (coloca un jumper en los dos pines más cercanos de la alimentación que quieras) - SV1 (púrpura). En las versiones nuevas de Arduino la selección de alimentación es automática por lo que puede que no tengas este selector.

3.1.3 Configuración del Módulo Bluetooth

EL modulo Bluetooth HC-06 viene configurado de fábrica como esclavo y no se lo puede cambiar, pero otras características si las podemos configurar usando comandos AT (ver anexo A), estas características vienen por defecto con valores predeterminados que se muestran a continuación:

Nombre	"HC-06"
Pin o Clave	1234
velocidad	9600

Tabla 5: Configuración por defecto modulo Bluetooth.

Modo comandos AT:

- El módulo entra a este modo tan pronto como lo alimentas y cuando no se ha establecido una conexión Bluetooth con ningún otro dispositivo.
- EL LED del módulo permanece parpadeando (frecuencia de parpadeo del LED es de 102ms).
- En este modo es cuando se debe enviar los comandos AT, en el supuesto de que se quiera configurar. Si se envían otros datos diferentes a los comandos AT el módulo HC-06 los ignorará.

En la Figura 20 se ve el esquema de conexión para el modulo Bluetooth HC-06 con Arduino Uno que permite la configuración del módulo Bluetooth con los comandos AT para cambiar los valores de fábrica y personalizarlos.

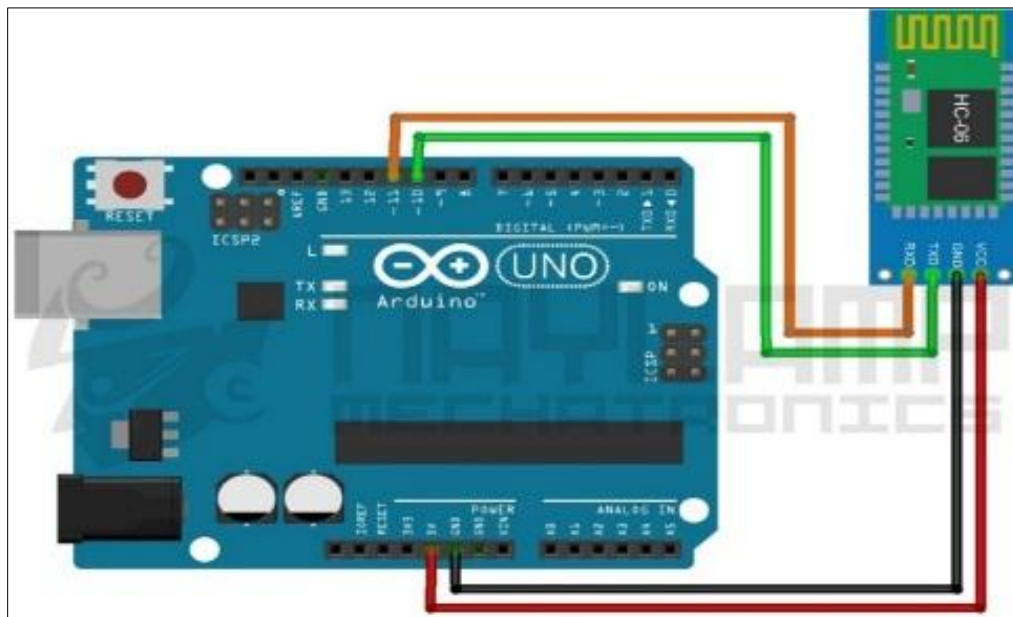


Figura 20: Conexión del módulo Bluetooth HC-06 con Arduino para entrar en modo comandos AT
Fuente: Elaboración propia.

Cuando realizamos la anterior conexión, el módulo se encenderá y el LED del Arduino empezará a parpadear. Esto significa que el módulo no está emparejado. El LED dejará de parpadear cuando se establezca una conexión entre el HC-06.

Se suele utilizar una velocidad de 9600 baudios porque esa es la velocidad a la que se comunica el HC-06 por defecto. En cuanto al `setup()` declaramos los pines como entradas o salidas con la función `pinMode()` (ver Anexo B).

En la Tabla 6 se puede ver cómo queda la configuración final del módulo Bluetooth HC-06 luego de haber sido configurada desde los comandos AT desde el Monitor Serie del IDE de ARDUINO.

Nombre	SENSOR LUZ PATPRO
Pin o Clave	0000
Velocidad	9600

Tabla 6: Configuración final modulo Bluetooth.

3.1.4 Configuración del Sensor LDR.

Para la configuración vamos a utilizar el Arduino Uno con el sensor LDR y el objetivo es ajustar el sensor cuyo valor de la resistencia varía en función de la luz que recibe.

Debemos armar el circuito como se muestra en la Figura 21 recordar que los LED tienen polaridad y hay que respetarla. El pin más largo va conectado a la tarjeta Arduino, mientras que el pin más corto va con una resistencia a tierra, la resistencia también puede colocarse sin problema entre el ánodo del led y el Arduino (del lado positivo del led).

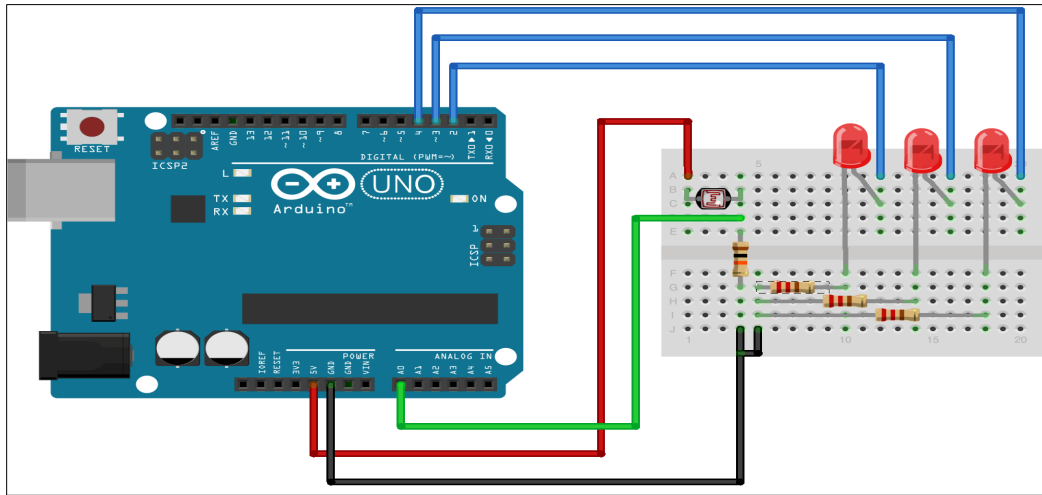


Figura 21: Configuración de sensor LDR
Fuente: Elaboración propia.

Fotorresistencia LDR: Resistencia que varía sensiblemente con la cantidad de luz percibida. Su comportamiento es el siguiente:

- Más luz = menor resistencia eléctrica
- Menos luz = mayor resistencia eléctrica

Divisor de voltaje: Mediante un par de resistencias en serie, se reparte la tensión suministrada por la fuente entre las terminales de estas, en nuestro caso, el divisor se utiliza con el LDR para obtener un voltaje variable de acuerdo a la cantidad de luz percibida.

Conversión Analógico-Digital (ADC): Se convierte el voltaje, en un número binario con el propósito de facilitar su manejo. El Arduino realiza este proceso para conocer la cantidad de luz percibida por el LDR y poder procesarla numéricamente y así programar las diferentes intensidades de luz, el encendido y apagado de los leds (ver Anexo C).

3.2 Software del sistema

3.2.1 Desarrollo de Aplicación Móvil

Para el desarrollo de esta aplicación se utilizó el software App Inventor en el cual se fue diseñando cada una de las interfaces de control de iluminación, en esta aplicación se diseñan los gráficos, botones, letras, símbolos y otros elementos para el usuario, los requerimientos necesarios para el desarrollo de esta aplicación son:

- Una computadora PC
- Navegador de Internet como Google Chrome
- Dispositivo Android (Celular, Tablet, etc.)
- Cuenta de Gmail.

Paso 1: Definición de variables

Inicializamos las variables (ver Figura 22) que se utilizarán, estos valores almacenarán los datos recibidos por Bluetooth, y el valor máximo se utiliza para verificar el estado de cada led si aparecerá como desconectado o activo.

Mostramos la lista de los dispositivos vinculados siempre y cuando se tenga el Bluetooth activo. Se obtiene el dispositivo seleccionado y se establece la conexión con el Arduino.

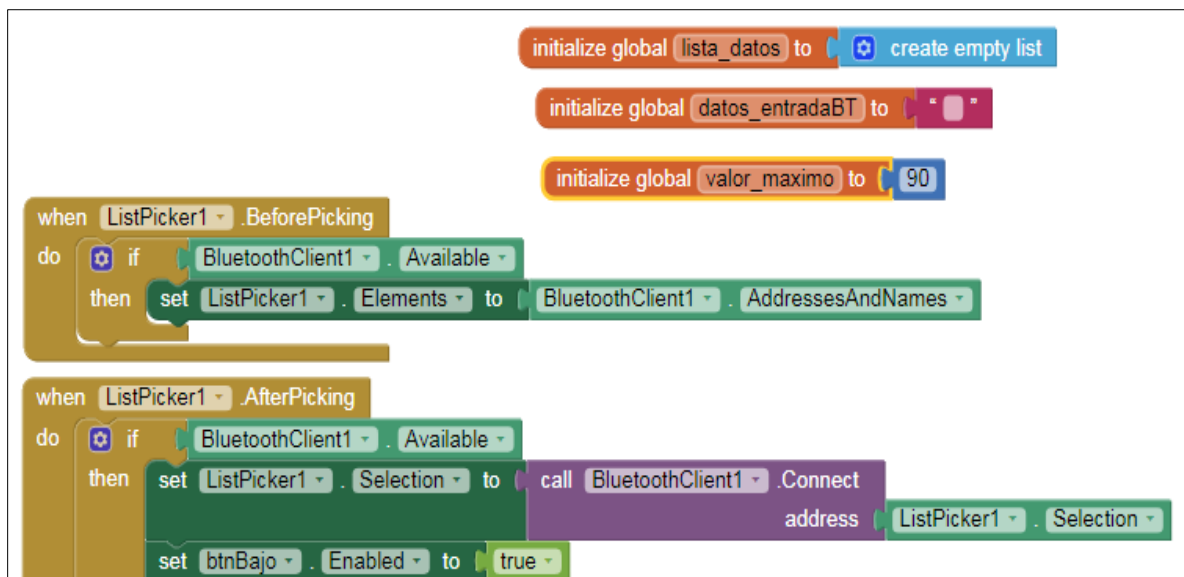


Figura 22: Definición de variables APP inventor

Fuente: Elaboración propia.

Paso 2: Controlar la intensidad de todos los leds.

Representaremos la acción de cada botón para controlar la intensidad de todos los leds, estos valores serán procesados en el Arduino, cada letra representa lo que se va a realizar se ejecutara la acción siempre y cuando se tenga una conexión con el Bluetooth.

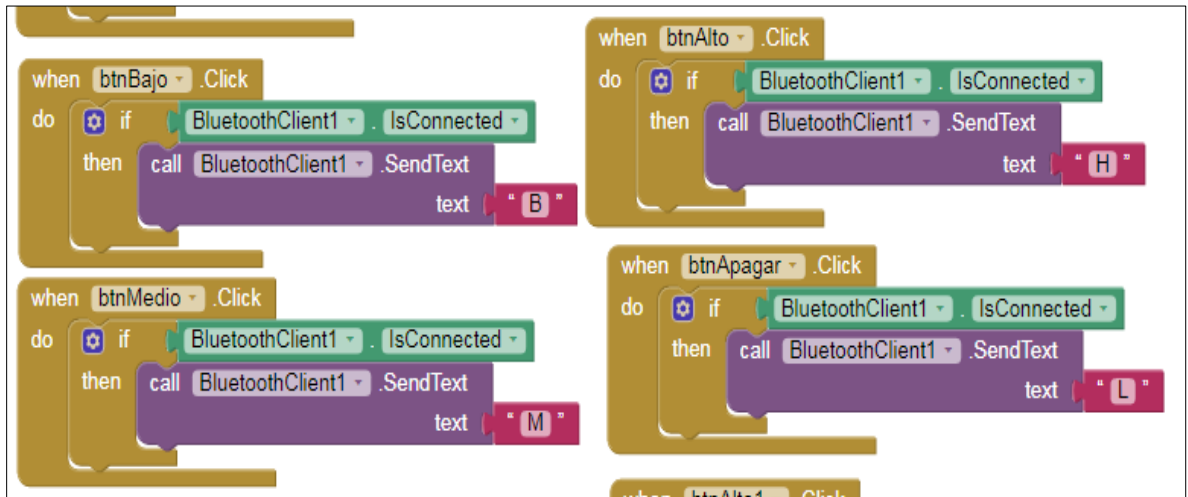


Figura 23: Representación de cada botón para controlar la intensidad de todos los leds.

Fuente: Elaboración propia.

Paso 3: Configuración de valores para cada poste.

Representa la acción de cada botón para controlar la intensidad de cada led, estos valores serán acompañados de un numero el cual representa el poste y estos serán procesados en el Arduino, cada letra representa lo que se va a realizar se ejecutara la acción siempre y cuando se tenga una conexión con el Bluetooth. Este proceso será realizado para cada poste.

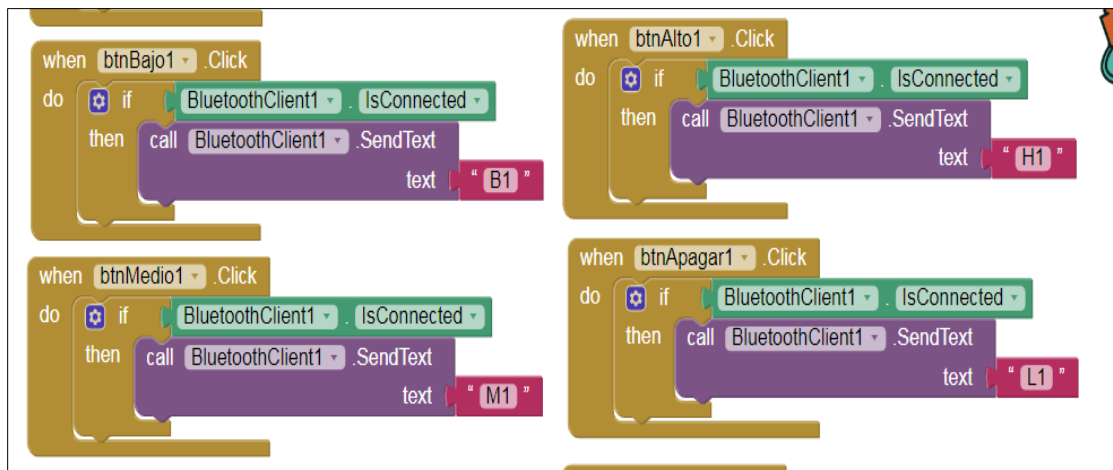


Figura 24: Configuración de valores para cada poste.

Fuente: Elaboración propia.

Paso 4: Obtener los valores del Arduino.

Esta función se ejecutará constantemente para obtener los valores del Arduino, el cual se almacenará en forma de lista para obtener por cada índice el estado de cada poste. Verificamos si la lista siempre se guardan 4 valores en caso contrario se agregarán los valores faltantes como 0.

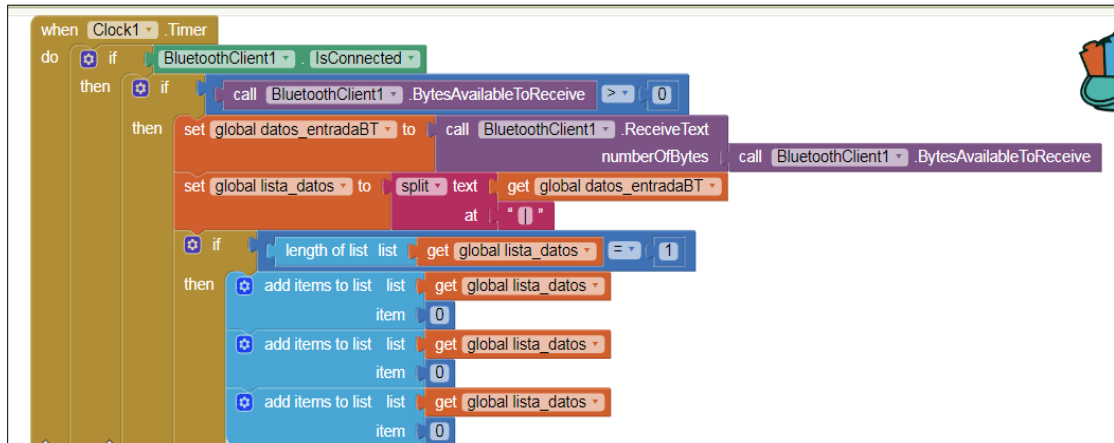


Figura 25: Función para obtener los valores del Arduino.
Fuente: Elaboración propia.

Paso 5: Estados que representa cada led.

Obtener el valor almacenado en el índice 1, si encontramos que el valor es vacío colocamos el estado como desconectado en caso contrario se verifica si el valor obtenido es menor al valor máximo lo que representaría que el led está apagado por lo tanto se muestra como desconectado y por ultimo si pasa todas estas condiciones significa que el led está encendido y se muestra su estado activo. Todo este proceso se hará por cada led para mostrar el estado que representa cada uno de ellos en un tiempo determinado.



Figura 26: Estados que representa cada led.
Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 Aplicación Móvil

Interfaz de Inicio:

- Con la opción Encender Bluetooth se mostrará una lista de los dispositivos vinculados y establecerá conexión con el Arduino y cada botón (Bajo, Medio, Alto y off) controlará la intensidad de todos los leds.
- Para controlar los postes de manera independiente se verifica con la conexión con el Arduino si la lista tiene 4 valores en caso contrario se agregarán los valores faltantes como 0 (apagado) por lo tanto se muestra como desconectado (Ver Figura 27).



Figura 27: Interfaz de Inicio
Fuente: Elaboración propia.

3.3 Maqueta

Para el desarrollo funcional del prototipo se realizó una maqueta de un parque de largo (40 cm), ancho (50 cm) y alto (25 cm) se conectó todos los elementos electrónicos necesarios para empezar a realizar las pruebas con el sistema, controlando la iluminación en función de la luz ambiental y con el dispositivo móvil del encendido y apagado de las luces verificando que no haya ningún error (Ver Figura 28).

Funcionamiento:

- El módulo de entrada compuesta por el sensor LDR que emite una señal proporcional a la iluminación del ambiente hacia un pin de entrada del Arduino.
- El Arduino a través de un código de programa digitaliza dicha señal.
- Con este dato y con un código con lógica de control se logra emitir señales a cada uno de los leds que simulan los postes de acuerdo al dato proporcionado por el sensor LDR.



Figura 28: Prototipo de pruebas
Fuente: Elaboración propia.

3.4 Notificaciones de Desperfecto

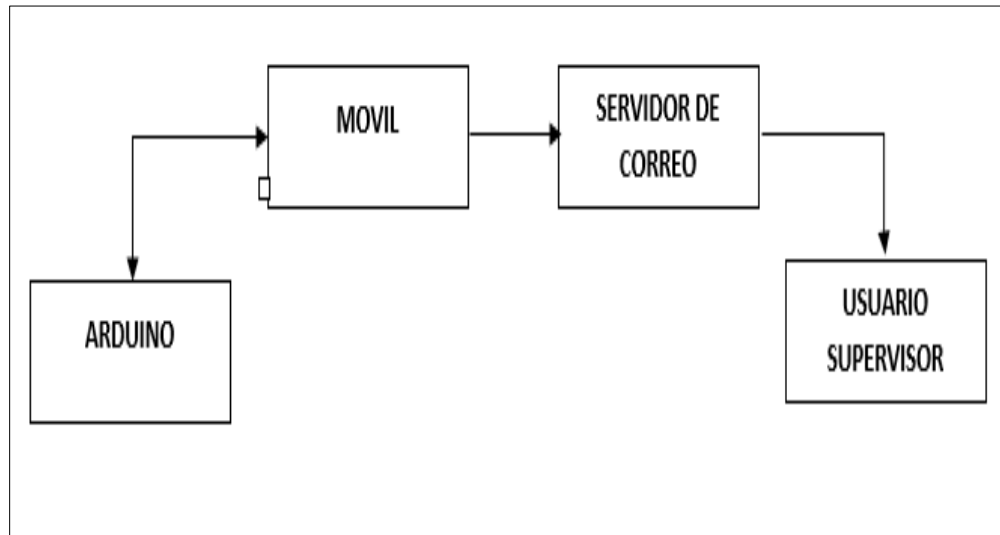


Figura 29: Esquema de Notificaciones de Desperfecto
Fuente: Elaboración propia.

- Cuando existe algún desperfecto por ejemplo una luminaria malograda, el Arduino conectado con el móvil se encarga de enviar el estado 0 que significaría que no existe un paso de corriente continua.
- El móvil muestra en el panel de control el estado Desconectado y el encargado de este tratara de encenderlo y es aquí donde se verifica el encendido con el estado 0, en este caso el Arduino procesa esa comparativa y nos responderá con el número de luminaria malograda.
- La App de control procesa este dato y apunta a una dirección web donde se encuentra nuestro archivo PHP en el servidor de correo, el cual es encargado de obtener el número de luminaria y colocarlo en el correo que se enviará.
- Este proceso de envió solo se ejecutará una solo vez por luminaria, es decir si ya se envió un correo advirtiéndole de un desperfecto en la siguiente iteración para la consulta de estado en tiempo real ya no tomara en cuenta este desperfecto. Solo se volverá a notificar en caso se pierda conexión con el Arduino y se tenga que vuelva a reiniciar dicha conexión.

CAPITULO 4: PROPUESTA DE MEJORA DE PROTOTIPO

4.1. Dispositivos:

Para llevar a cabo la implementación del prototipo, se necesitarán los siguientes dispositivos electrónicos:

- Arduino.
- GPRS
- Fococelda
- Relé
- Contactor
- Luminarias LED de alumbrado público.

4.2. Conexión entre GPRS y Arduino

Esta es una tarjeta GPRS ultra compacta de comunicación inalámbrica. La tarjeta es compatible con todos los modelos de Arduino con el formato UNO.

El modelo de tarjeta SIM900 que se utilizará en el prototipo no incluye los pines para montarlo directamente sobre el Arduino, pero no causará problemas en la conexión ya que solo necesitamos TX y RX.

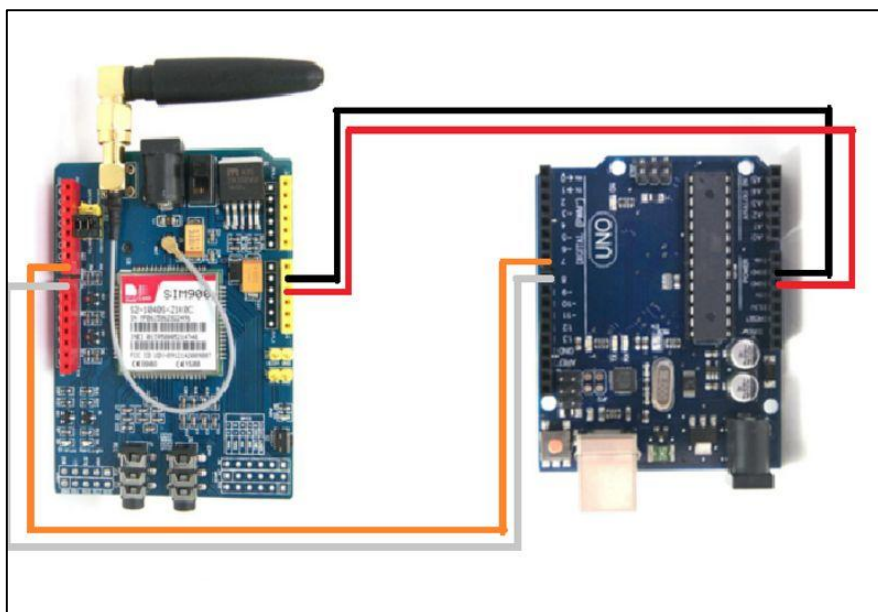


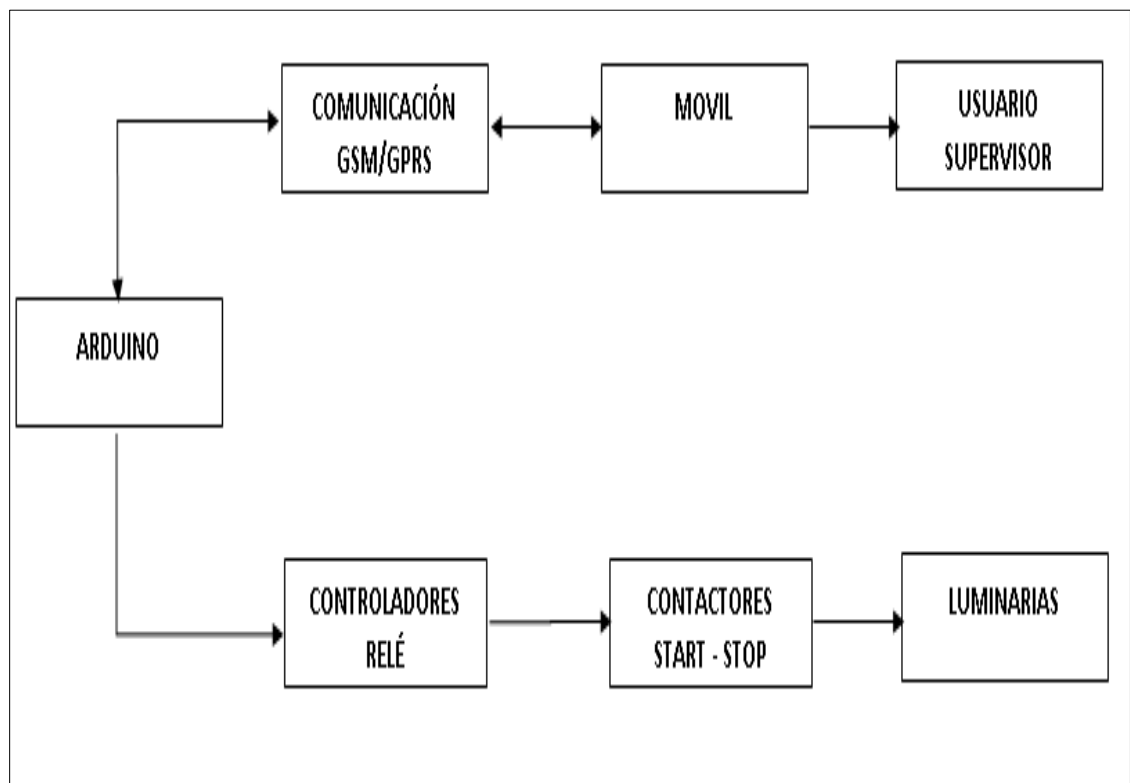
Figura 30: Conexión entre GPRS y Arduino.

Fuente: <https://www.instructables.com/id/SIM900-GSM-GPRS-SHIELD-CON-ARDUINO-UNO>

4.3 Esquema de la conexión de los dispositivos

- El Arduino tendrá el control de todo el circuito ya que este tomará la decisión de emitir la señal para encender o apagar una luminaria.
- El GSM/GPRS se encarga de obtener la información del móvil a través de SMS el cual recibirá órdenes del móvil para accionar alguna función, también tendrá la tarea de enviar notificación al móvil para que el usuario esté al tanto de los estados en tiempo real de las luminarias en caso que haya desperfectos.
- El controlador Relé será encargado de transformar los 5V que emite el Arduino para así poder encender una luminaria de 220V.
- Los contactores sirven de puente debido a que las luminarias tienen alto amperaje y los relés no soportarían esa carga por lo tanto estos accionarían las funciones de la luminaria cada vez que se requiera.

Figura 31: Esquema de conexión de los dispositivos. Fuente: Elaboración propia.



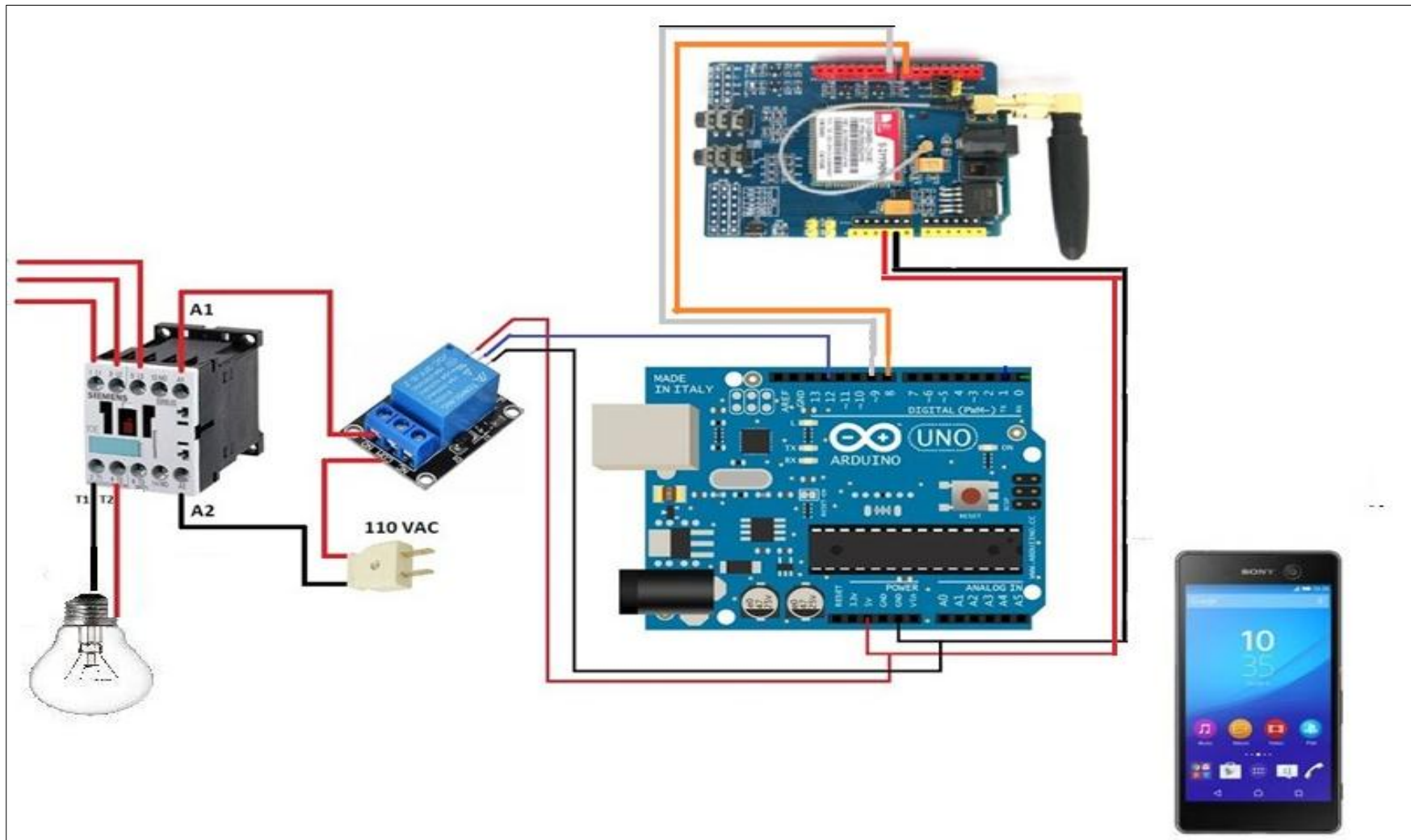


Figura 32: Conexión de los dispositivos para prototipo
Fuente: Elaboración propia.

PRESUPUESTO

Para la implementación de nuestro prototipo de control de iluminación se han utilizado los siguientes materiales:

DESCRIPCIÓN		CANTIDAD	COSTO	TOTAL
Materiales	Arduino	1	S/ 41.00	S/ 41.00
	Resistencia dependiente de luz	1	S/ 0.50	S/ 0.50
	Divisor de voltaje	5	S/ 0.50	S/ 2.50
	Bluetooth HC-06	1	S/ 25.00	S/ 25.00
	Diodo	4	S/ 0.50	S/ 2.00
	Cables jumper	40	S/ 0.20	S/ 8.00
	Protoboard	1	S/ 7.00	S/ 7.00
Costo Total de Materiales				S/ 86.00
Accesorios	Cartulina	25	S/ 0.50	S/12.50
	Madera de largo (40 cm), ancho (50 cm) y alto (25 cm)	1	S/ 25.00	S/ 25.00
	Tempera	3	S/ 1.50	S/ 4.50
	Postes	5	S/ 0.50	S/ 2.50
	Silicona	3	S/ 3.50	S/ 3.50
	Acrílico	1	S/ 30.00	S/ 30.00
Costo Total de accesorios				S/ 78.00
Costo total				S/ 164.00

Tabla 7: Presupuesto

CONCLUSIONES

- Después de ver los conceptos sobre las diferentes alternativas de hardware libre que podían ser utilizadas para la realización de este proyecto y haber hecho una comparativa entre ellas se ha elegido Arduino, porque es un micro controlador que permite agregar hardware como la resistencia dependiente de luz, y además es sencilla y de bajo costo.
- Se Programó por medio de Arduino los rangos de la intensidad de luminosa (luz baja, luz media, luz alta) de la resistencia dependiente de luz, para que éste le asigne a las Luminarias LED de alumbrado público la intensidad de luz que deba emitir, debido a que la intensidad de luz del ambiente afecta a la fotocelda.
- Se automatizo el encendido y apagado de luces con Arduino controlado desde una aplicación Android vía Bluetooth solucionando los problemas del control del consumo de energía.

RECOMENDACIONES

- Instalar correctamente los dispositivos tanto para la implementación de la maqueta y el prototipo, como son los sensores (LDR y FOTOCELDA), el Arduino, etc. Finalmente tener conocimientos sobre electrónica y programación.
- Hacer que se extienda mucho el campo de las aplicaciones en Arduino, ya que es libre, y muy versátil de utilizar, por lo que recomendamos utilizar más este recurso tecnológico.
- La finalidad de proponer sistemas inteligentes, es el disminuir el consumo energético, ya que con las deficiencias mencionadas en el CAPITULO 1 el consumo suele ser considerable con respecto al sistema de alumbrado público, se recomienda mejorar la eficiencia de los sistemas, inculcando el uso de las nuevas tecnologías e inculcar un campo de investigación referidas al área de eficiencia energética.

BIBLIOGRAFÍA

- Alex, T. B. (2016). Implementación de un sistema domótico con tecnología arduino en app inventor para mejorar el control de temperatura e iluminación del hotel San Luis de Amarilis . Huánuco: Universidad de Huánuco .
- Arduino. (2019). Arduino Página Oficial. Obtenido de <http://www.arduino.cc>
- BlueTooth. (2019). BlueTooth HC 06. Obtenido de www.prometec.net
- Cristian, R. (14 de Febrero de 2017). Sensor de luz con arduino. Obtenido de <https://openlanuza.com/sensor-de-luz-con-arduino/>
- Daniel, A. A., José, D. J., & Sergio, R. S. (2009). Propuesta de alumbrado público por medio de celdas fotovoltaicas con luminarias tipo LED, municipio de Yesca en el estado de Nayarit. México.
- Electronica.org. (2019). Tipos de sensores y sus características. Obtenido de <https://ingenieriaelectronica.org>
- electrónicos, C. (2019). Componentes electrónicos. Obtenido de www.microjpm.com
- García, I. T. (2015). Diseño e implementación de sistema interactivo de información de docentes, con Raspberry Pi. Guayaquil - Ecuador.
- Herrera, C. A. (2018). Propuesta de Prototipo de alumbrado inteligente y estudio Luminico en exteriores de la ermita de la universidad de Piura utilizando tecnología Light Emitting Diode (LED). Piura: universidad de Piura.
- Ibañez, M. (2013). La Luz. Obtenido de SlideShare. Obtenido de La luz:: <https://es.slideshare.net/manuelibanez3975/la-luz-16260364>
- James, H. R. (2017). Control inteligente de sistemas de iluminación en edificios. Piura: Universidad de Piura.
- luis, L. (16 de Marzo de 2005). Tutoriales arduino intermedios. Obtenido de <https://www.luisllamas.es/medir-nivel-luz-con-arduino-y-fotoresistencia-ldr/>
- Martínez, A. B. (2017). Diseño e implementación de un sistema de control de iluminación natural basado en arduino . Universitat politècnica de Valencia.
- Mechatronics, N. (16 de Agosto de 2016). Tutorial básico de uso del módulo bluetooth HC-06 Y HC-05. Obtenido de https://www.naylampmechatronics.com/blog/12_Tutorial-B%C3%A1sico-de-Uso-del-M%C3%B3dulo-Bluetooth-H.html
- Osinergmin. (2011). Organismo supervisor de la inversión en energía y minería. Obtenido de <http://www.osinergmin.gob.pe/>
- Pantarrrosa, G. J. (2017). Protoboard definición usos y aplicaciones. Bogota.
- Ricardo, F. G. (2006). Estacionamiento automatizado con arduino . Coahuila: Universidad Tecnológica de torreón.

- Rodrigo, A. Á. (2014). Sistema de sensorización haciendo uso de Raspberry Pi para su uso e implementación en un entorno inteligente . Guayaquil - Ecuador .
- Sánchez, J. A. (2005). Análisis y Estudio de Redes GPRS. Ecuador.
- Unicrom. (2016). Electrónica Unicrom. Obtenido de <https://unicrom.com/rele-relay-relevador-interruptor-operado-magneticamente/>

ANEXOS

Anexo A. Tabla de comandos AT para el módulo Bluetooth HC-06

Comando AT	Descripción	Respuesta
<i>AT</i>	<i>Test de comunicación.</i>	<i>Responde con un OK.</i>
<i>AT+VERSION</i>	<i>Retorna la versión del módulo</i>	<i>Responde con la versión (OKlinvorV1.8).</i>
<i>AT+BAUDx</i>	<i>Configura la velocidad de transmisión del módulo según el valor de "x":</i> <i>1 = 1200 bps</i> <i>2 = 2400 bps</i> <i>3 = 4800 bps</i> <i>4 = 9600 bps (por defecto)</i> <i>5 = 19200 bps</i> <i>6 = 38400 bps</i> <i>7 = 57600 bps</i> <i>8 = 115200 bps</i> <i>9 = 230400 bps</i> <i>A = 460800 bps</i> <i>B = 921600 bps</i> <i>C = 1382400 bps</i>	<i>AT+BAUD4 Configura la velocidad a 9600 baud rate. Responde con OK9600.</i>
<i>AT+NAMEx</i>	<i>Configura el nombre con el que se visualizara el módulo. Soporta hasta 20 caracteres</i>	<i>AT+NAMEArduino_HC-06 Configura el nombre del módulo a Arduino_HC-06. Responde con OKsetname.</i>
<i>AT+PINxxx</i>	<i>Configura el Pin de acceso al módulo (password).1234 por defecto.</i>	<i>AT+PIN1234 Configura el pin a 1234. Responde con OKsetPIN.</i>
<i>Paridad</i> <i>AT+PN, PO, PE</i>	<i>Se configura la paridad de la comunicación en versiones V1.5 o superiores.</i>	<i>AT+PN: Sin paridad. Responde con OK None.</i> <i>AT+PO: Paridad impar. Responde con OK Odd.</i> <i>AT+PE: Paridad par. Responde con OK Even.</i>

Anexo B: Código Arduino para cambiar nombre y el PIN al módulo Bluetooth HC-06

```
#include<SoftwareSerial.h>
SoftwareSerialblue(2, 3); //Crea conexión al Bluetooth - PIN 2 a TX y PIN 3 a RX
charNOMBRE[21] = "SENSOR LUZ PATPRO"; // Nombre de 20 caracteres
máximo
char BPS      = '4'; // 1=1200 , 2=2400, 3=4800, 4=9600, 5=19200, 6=38400,
7=57600, 8=115200
charPASS[5]   = "1234"; // PIN O CLAVE de 4 caracteres numéricos
voidsetup()
{
  blue.begin(9600); // inicialmente la comunicación serial a 9600 Baudios (velocidad
de fábrica)
  pinMode(13,OUTPUT);
  digitalWrite(13,HIGH); // Enciende el LED 13 durante 4s antes de configurar el
Bluetooth
  delay(4000);
  digitalWrite(13,LOW); // Apaga el LED 13 para iniciar la programación
  blue.print("AT"); // Inicializa comando AT
  delay(1000);
  blue.print("AT+NAME"); // Configura el nuevo nombre
  blue.print(NOMBRE);
  delay(1000); // espera 1 segundo
  blue.print("AT+BAUD"); // Configura la nueva velocidad
  blue.print(BPS);
  delay(1000);
  blue.print("AT+PIN"); // Configura el nuevo PIN
  blue.print(PASS);
  delay(1000);
}
voidloop()
{
  digitalWrite(13, !digitalRead(13)); // cuando termina de configurar el Bluetooth
queda el LED 13 parpadeando
  delay(300);
}
```

Anexo C: Configuración del Sensor LDR.

- Definición de variables

```

#define LDR 0 //El LDR está conectado en el pin A0
#define VALOR_BAJO_LED 20
#define VALOR_MEDIO_LED 100
#define VALOR_ALTO_LED 255
#define ESTADO_POSTE_1 1 // A1
#define ESTADO_POSTE_2 2 // A2
#define ESTADO_POSTE_3 3 // A3
#define ESTADO_POSTE_4 4 // A4

int luz , count, valor_sensor,valor_estado_P1,
    valor_estado_P2,valor_estado_P3,valor_estado_P4, posicion = 0;
int valor_limite = 493; //Este valor hara que el LED cambie de estado a una
determinada luminosidad.
String input_string;
bool activar_sensor = true;
int pinArray[] = {9,10,11,6};
int cantidad_leds = (sizeof(pinArray) / sizeof(pinArray[0]));
int valor_minimo_bajo_led = 483;
int valor_maximo_bajo_led = 485;
int valor_minimo_medio_led = 486;
int valor_maximo_medio_led = 490;
int valor_minimo_alto_led = 491;
String valoresAllLedsBluetoothArray[] = {"B","M","H","L"};
int cantidad_valores = (sizeof(valoresAllLedsBluetoothArray) /
sizeof(valoresAllLedsBluetoothArray[0]));
String nivel_luz = "";
}
}

```

Definimos las variables que se utilizaran para el funcionamiento de los diferentes procesos, que harán que los leds cambien de valor dependiendo de los parámetros utilizados.

- Configuración del pin como entrada o salida


```

void setup() {    //Configuración de los pin como entrada o salida
    Serial.begin(9600);
    for (count=0;count<cantidad_leds;count++){
        pinMode(pinArray[count], OUTPUT); }
    pinMode(LDR,INPUT);
    pinMode(ESTADO_POSTE_1,INPUT);}

void loop () //Configuración de los valores del LDR
{
    valor_sensor = analogRead(LDR);
    valor_estado_P1 = analogRead(ESTADO_POSTE_1);
    valor_estado_P2 = analogRead(ESTADO_POSTE_2);
    valor_estado_P3 = analogRead(ESTADO_POSTE_3);
    valor_estado_P4 = analogRead(ESTADO_POSTE_4);
    luz = (5.0 * valor_sensor * 100.0)/1024.0;

```

Inicializamos los leds para poder manipular su estado dependiendo del valor obtenido y las entradas analógicas que representaran los estados del sensor y de los postes.

Aplicamos la fórmula de luminosidad para obtener el valor de luz emitida por el sensor.

- Métodos para cambiar la intensidad de luz.

```

void encenderLuzBaja(){
    for (count=0;count<cantidad_leds;count++){
        analogWrite(pinArray[count], VALOR_BAJO_LED);}
}

void encenderLuzMedia(){
    for (count=0;count<cantidad_leds;count++){
        analogWrite(pinArray[count], VALOR_MEDIO_LED); }
}

void encenderLuzAlta(){
    for (count=0;count<cantidad_leds;count++){
        analogWrite(pinArray[count], VALOR_ALTO_LED); }
}

void apagarLeds(){
    for (count=0;count<cantidad_leds;count++){
        digitalWrite(pinArray[count], LOW); }
}

```

Métodos creados para cambiar la intensidad de luz de todos los leds, cada uno de estos se invocaran dependiendo de los datos enviados por el bluetooth o el sensor. Estos métodos utilizan la propiedad `analogWrite` esta nos sirve para poder dar valores del 0 al 255 lo cual controla la luminosidad de manera analógica.

- Configuración activar sensor

```

if(activar_sensor){
    nivel_luz = "";
    for (count=0;count<cantidad_valores;count++){
        posicion = input_string.indexOf(valoresAllLedsBluetoothArray[count]);
        if(input_string == valoresAllLedsBluetoothArray[count] || posicion >=
0){
            activar_sensor = false;
            break;
        } } }

if(!activar_sensor){
    if (input_string == valoresAllLedsBluetoothArray[0]){
        encenderLuzBaja();
    }else if (input_string == valoresAllLedsBluetoothArray[1]){
        encenderLuzMedia();
    }else if (input_string == valoresAllLedsBluetoothArray[2]){
        encenderLuzAlta();
    }else if(input_string == valoresAllLedsBluetoothArray[3]){
        apagarLeds();
        activar_sensor = true;
    }
}

```

En la primera condición verificó si se envió algún dato del Bluetooth el cual hará que se desactive la variable activar sensor lo que ocasionara que se maneje todo con este dispositivo y deje de lado los valores enviados por el sensor.

Como siguiente paso verifico si el dato enviado en los rangos de esa condición lo que accionara que todos los leds cambien su intensidad de luz.

Si apagamos los leds se activa la variable activar sensor lo que ocasiona que a partir de esto los leds tomarán los valores que indique el sensor.

- Métodos para controlar la intensidad de la luz por led

```

void encenderLuzBajaByLed(int led){
    analogWrite(pinArray[led-1], VALOR_BAJO_LED);}
void encenderLuzMediaByLed(int led){
    analogWrite(pinArray[led-1], VALOR_MEDIO_LED);}
void encenderLuzAltaByLed(int led){
    analogWrite(pinArray[led-1], VALOR_ALTO_LED);}
void apagarByLed(int led){
    digitalWrite(pinArray[led-1], LOW);}

```

Estos metodos creados realizan la función de controlar la intensidad de luz por cada leds es decir solo modifica el valor por cada leds sin afectar a los demás dependiendo del valor enviado por el bluetooth, se pasa por parametro el numero de poste que será modificado se resta 1 para indicar la posición y modificar su valor.

- Valores enviados para cada poste

```

for (count=0;count<cantidad_valores;count++){
    if(input_string != valoresAllLedsBluetoothArray[count]){
        posicion =
input_string.indexOf(valoresAllLedsBluetoothArray[count]);
        if(posicion >= 0){
            nivel_luz = input_string;
            break; } } }
    if(nivel_luz != ""){
        for (count=1;count<=cantidad_leds;count++){
            if (nivel_luz == valoresAllLedsBluetoothArray[0]+String(count)){
                encenderLuzBajaByLed(count);
                break;
            }else if (nivel_luz ==
valoresAllLedsBluetoothArray[1]+String(count)){
                encenderLuzMediaByLed(count);
                break;
            }else if (nivel_luz ==
valoresAllLedsBluetoothArray[2]+String(count)){
                encenderLuzAltaByLed(count);
                break;
            }else if(nivel_luz ==
valoresAllLedsBluetoothArray[3]+String(count)){
                apagarByLed(count);
                break; } }}

```

Verificamos si el valor enviado le pertenece a cada poste, si es así recorreremos todos los leds para buscar el poste correcto que se encenderá o apagará dependiendo del valor enviado.

- Valor del sensor para definir rangos para controlar la intensidad de luz

```
else{
    if(luz >= valor_minimo_bajo_led && luz <= valor_maximo_bajo_led){
        encenderLuzBaja();
    }else if(luz >= valor_minimo_medio_led && luz <=
valor_maximo_medio_led){
        encenderLuzMediar();
    }else if(luz >= valor_minimo_alto_led){
        encenderLuzAlta();
    }else{
        apagarLeds();
    } } }
```

Es aquí donde se procesa el valor del sensor para esto se definieron unos rangos para controlar la intensidad de luz, si el valor está dentro de cada rango todos los leds se comportarán de la manera que indique la función ejecutada.